

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.08.020

地磁采集系统的数据处理方法

张华强, 郑宇, 吕清利

(南京理工大学智能弹药技术国防重点学科实验室, 南京 210094)

摘要: 针对利用地磁探测对弹丸滚转角解算时, 采样数据产生偏置的问题, 提出利用地磁探测弹丸滚转角的方法。对原始数据的后续处理方法进行基准电压、模拟放大、椭圆修正和零点化进行研究。在设计地磁采集系统时, 对原始输出电压进行放大。ISL60007 为放大器 AMP04 提供 1.25 V 的参考电压, 使得输出值有偏置。分析结果表明: 该方法可以得到理想的地磁数据, 达到解算滚转角的目的。

关键词: 地磁探测; 滚转角; 椭圆修正; 零点化

中图分类号: TJ413⁺.6 **文献标志码:** A

Methods for Data Processing in Geomagnetic Acquisition System

Zhang Huaqiang, Zheng Yu, Lu Qingli

(Laboratory of National Defence Key Discipline for Intelligent Ammunition Technology,
Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: Aiming at use magnetic detection progress calculating for the projectile roll angle, the problem of the bias from the sampling data, put forward a new method of projectile roll angle using magnetic detection. Follow-up to the original data processing method for the reference voltage, analog amplification, correction and zero point of the oval study. In the design of geomagnetic acquisition system, the original output voltage processes amplify. ISL60007 provides the amplifier AMP04 1.25V reference voltage, and makes output values biased. The results show that the magnetic data can be ideal to achieve the purpose of calculating the roll angle.

Keywords: magnetic probe; roll angle; bias correction; zero point

0 引言

现代战争中, 传统的常规弹药命中概率较低, 不适合在复杂作战环境下使用, 精确制导弹药圆概率偏差可将目标命中概率由原先的 30% 以下提高到 50% 以上。精确制导弹药指安装了新型传感器与电子信息处理设备, 利用声探测、激光探测、地磁探测、图像识别等技术手段, 获取自身的位置与姿态信息, 通过中央信息处理单元控制弹道飞行轨迹, 最终精确毁伤目标的新型弹药。

近几年来, 利用地磁测量弹丸姿态是国内外比较热门的研究方向之一。地磁场是全球性的地球物理基本场, 是比较稳定的, 而且随着地磁传感器制造技术不断提高, 使用地磁传感器测量物体转速的技术越来越成熟, 这些因素使得运用地磁测量弹丸姿态越来越受到国内外的重视^[1-3]。另外使用地磁测量物体转速还具有体积小、响应快、误差不随时间累积等优点。但在利用地磁探测对弹丸滚转角解算时, 采样数据产生了偏置, 因此, 笔者对采样系统的数据进行了椭圆修正和零点化。

1 利用地磁探测弹丸滚转角的理论与方法

地磁场是地球的基本物理场, 主要来自地球的内部, 是地球的基本磁场。地磁场比较稳定, 随时间的变化十分缓慢, 短时间内可以作为常量来处理。地磁场是矢量场, 即地球表面任何一点的磁场既有大小又有方向。为了便于说明地磁探测弹丸的滚转角, 建立如图 1 所示的坐标系^[4]。

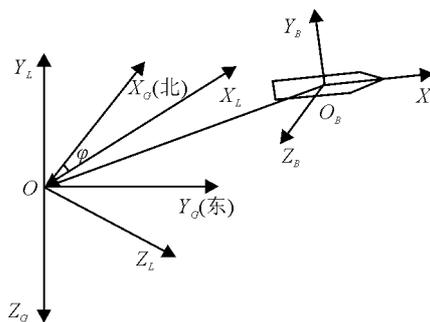


图 1 坐标系图示

取弹丸质心 O 点为坐标系原点及地磁场测点。 $O-X_G Y_G Z_G$ 为地磁坐标系, $O-X_L Y_L Z_L$ 为发射坐标系, $O_B-X_B Y_B Z_B$ 为弹丸坐标系。

收稿日期: 2011-05-03; 修回日期: 2011-05-31

作者简介: 张华强(1985—), 男, 江苏人, 硕士研究生, 从事智能弹药等研究。

地磁矢量在测量弹体滚转角时，主要在 $OX_B Y_B$ 平面内讨论，如图 2 为地磁矢量在 $OX_B Y_B$ 平面内的投影。

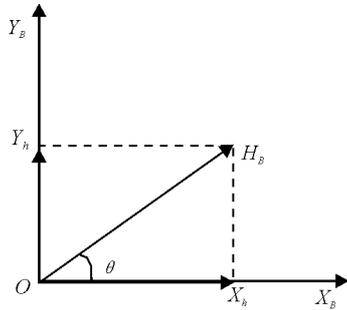


图 2 地磁矢量在 $OX_B Y_B$ 平面内的投影

当地磁传感器与弹体固连，随弹体一起旋转时， X_h 与 Y_h 将不断变化，从而使得地磁传感器输出的电压不断变化，这样就可以通过测量输出电压的变化得到弹体的滚转角。滚转角 θ 与 X_h 、 Y_h 之间的函数关系见式 (1)：

$$\theta = \arctan\left(\frac{Y_h}{X_h}\right) \quad (1)$$

2 地磁采集系统的组成

地磁采集系统主要包括电源转换部分、地磁传感器部分、放大电路部分、AD 转换部分、置复位电路部分以及微处理器部分。图 3 为硬件电路的总体系统框图。

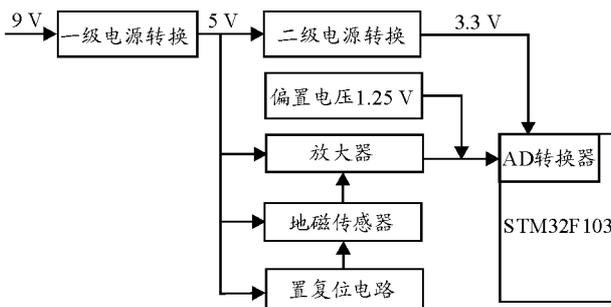


图 3 地磁采集系统

3 利用地磁探测弹丸滚转角时的椭圆效应与修正方法

3.1 地磁探测中的椭圆效应及椭圆修正

利用双轴地磁传感器测量弹体转速时，如果两轴的传感器增益系数与传感器灵敏度一致，而且无外部干扰时，由双轴地磁传感器采集到的数据以传感器 X 轴和 Y 轴为坐标，应该组成一个标准圆。上述情况在理想情况下才会产生，在实际中传感器的

增益系数与传感器的灵敏度很难到达一致，这时采集到的数据在坐标系中会形成椭圆^[5-6]。椭圆与标准圆的关系如图 4。

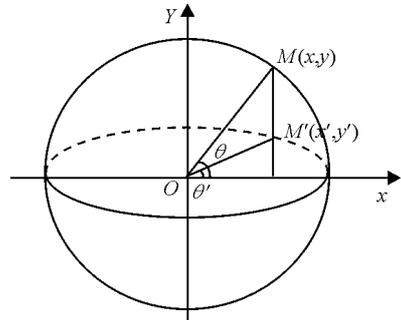


图 4 圆与椭圆的关系

如图 4，假设某一时刻，地磁矢量在平面中的投影位置为点 $M'(x, y')$ ，图中 $M(x, y)$ 为同一时刻地磁矢量在标准圆上的投影。由图 4 可以看出，通过点计算出的滚转角与实际滚转角之间存在明显的误差，这是由于地磁采集时出现了椭圆效应，在计算弹丸的滚转角时就会产生误差。因此，需要进行椭圆修正。在不考虑弹丸章动的情况下，地磁传感器进行信号采集时所出现的椭圆效应。因此，需要加入一个修正系数，使采集到的数据形成的轨迹接近标准圆，从而减小计算滚转角时带来的误差。

3.2 采集的数据零点化处理

实际磁传感器测量时，存在各种测量误差和干扰磁场，加上 ISL60007 为放大器 AMP04 提供 1.25 V 的参考电压，使得该圆圆心产生偏置。经过椭圆修正后，圆心并不在原点，所以还需要对采集的数据进行零点化处理，过程如图 5。

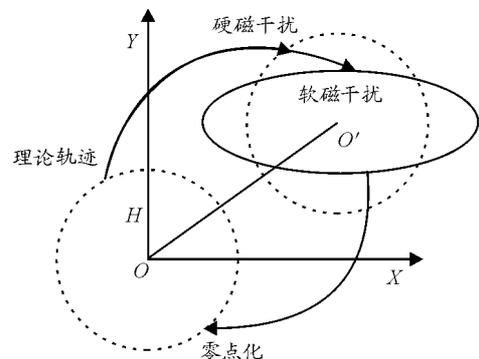


图 5 磁传感器测得数据零点化过程

3.3 运用 MATLAB 软件进行数据分析

图 6 是没有零点化的软件程序所采集到的数据形成的图形曲线。从图 6(b)可看出数据所形成的椭圆中心并不在原点，这是因为没进行零点化的原因。

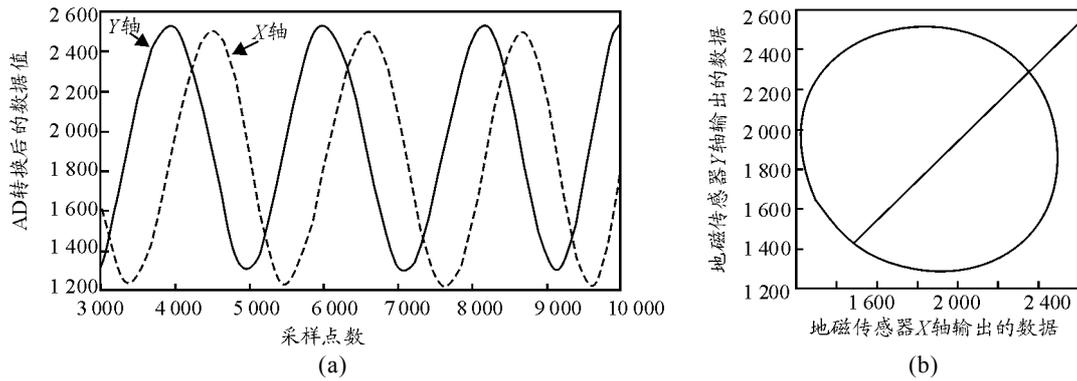


图 6 没有零点化的数据图形曲线

图 7 是使用零点化程序采集到的数据所形成的图形曲线。图 7 中 2 条线中心位置的纵坐标都基本位于 0 点, 这说明了零点化后, X 轴和 Y 轴的偏置基本为 0。从图 7(b)可以看出, 采集数据所形成的

图形中心基本位于(0,0)点。图 8 是同时使用椭圆修正和零点化采集的数据所形成的图形曲线。从图 8(a)可以看出, 2 条曲线的振幅基本相等。从图 8(b)可以看出图形基本为圆形, 并且圆心位于原点。

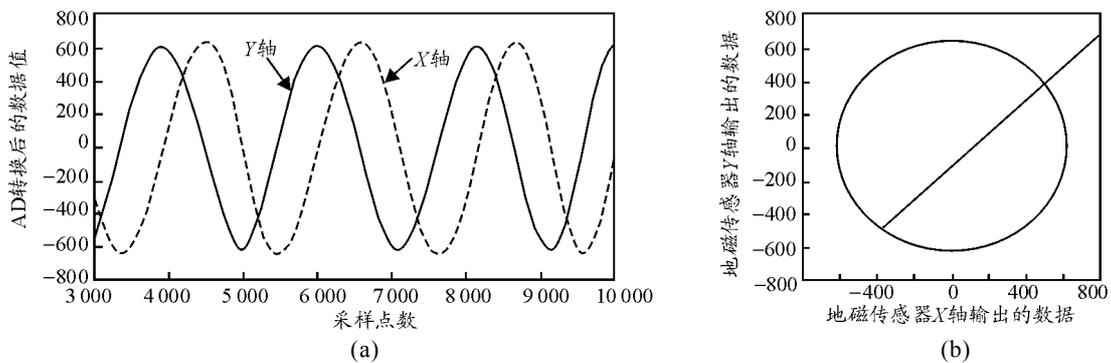


图 7 零点化后的数据图形曲线

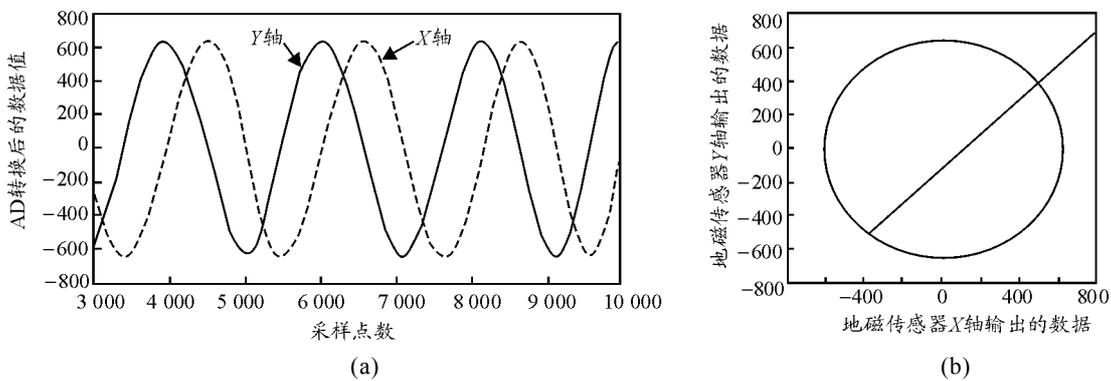


图 8 椭圆修正和零点化后的数据图形曲线

4 结束语

分析结果表明: 该方法通过对地磁采集数据的椭圆修正和数据零点化, 可以得到理想的地磁数据, 完成滚转角的解算。

参考文献:

[1] 白春华, 徐文耀, 康国发. 地球主磁场模型[J]. 地球物理学进展, 2008, 23(4): 1045-1057.
 [2] 吴静, 邓堃, 柳世考. 美军精确制导武器及其对抗技术的分析[J]. 飞航导弹, 2007(6):12-16.

[3] Ziliani A, Trouillot C, Jeannin C. Diagnostic of the Behaviour of a Course Correction Ammunition During its Correction Phase[C]. 19th International Symposium of Ballistics, 2001: 479-487.
 [4] 王明海, 李邦杰. 弹道设计中发射点和目标点定位坐标系研究[C]. 北京: 国防工业出版社, 2003: 133-137.
 [5] 孟新宇. 指令修正弹药组合测量和自装定[D]. 南京: 南京理工大学博士论文, 2008.
 [6] 曲馨. 基于地磁测量的弹丸滚转角实时解算[D]. 南京: 南京理工大学硕士论文, 2009.