

·光电系统与·设计·

HMR3000 电子罗盘在车载设备上的使用

李书华¹, 邵 勇²

(1. 中国电子科技集团公司第二十七研究所, 河南 郑州 450047; 2. 河南省广播电视局, 河南 郑州 450051)

摘 要:以霍尼韦尔公司 HMR3000 电子罗盘为例, 简述了电子罗盘的性能特点、测向原理和干扰分析, 通过一个工程应用实例, 对电子罗盘在车载和转台复合应用下出现测向误差增大的问题进行了分析, 并分别从应用方面、软件方面和设计方面提出了几种解决方法, 经过试验验证, 证明这些解决方法是有效的。

关键词:HMR3000; 电子罗盘; 测向; 误差补偿

中图分类号:TM936.1

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2010)03-0013-05

Application of Digital Compass HMR3000 in the Vehicular Equipment

LI Shu-hua, SHAO Yong

(1. The 27th Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation Zhengzhou 450047, China;
2. Henan Administration of Radio Film and Television, Zhengzhou 450051, China)

Abstract: Taking the Honeywell's HMR3000 electronic compass for example, the characteristics of the electronic compass, the principle of direction finding, and jamming analysis are introduced. The problem of increasing direction finding errors for the electronic compass used on vehicular turret is analyzed with an engineering application instance. And several solutions are proposed from the following aspects such as application, software and design. Test validated these solutions' effectiveness.

Key words: HMR3000; digital compass; direction-finding; error compensation

地球本身及其周围空间存在着磁场, 其主要部分是一个偶极场。地心磁偶极子轴线与地球表面的 2 个交点叫地磁极, 地磁的南(北)极实际上是地心磁偶极子的北(南)极。地磁极与地理极相近但不重合, 二者夹角约为 11.5° 。地球磁场的强度和方向随时间、地点而发生变化^[1]。

磁罗盘利用地磁北作为定向依据, 通过测量物体相对于地磁北的方位实现定向^[2]。早期利用地磁北定向的是机械式指南针, 随着数字技术的发展和磁传感器研制水平的提高, 电子罗盘获得了较快发展。电子罗盘通过测量地磁场矢量的 3 个分量, 同时配合姿态角测量传感器测量自身的姿态, 然后通过

坐标变换计算出在大地坐标系下的方位, 此大地坐标系以地磁北为参考, 如果利用磁偏角进行修正, 即可计算出以地理北为参考的方位。

1 HMR3000 电子罗盘简介

HMR3000 是美国霍尼韦尔公司生产的一款电子罗盘, 它采用磁阻传感器和两轴倾斜传感器来提供姿态信息。内置电子常平架, 罗盘即使倾达 40° , 也能给出精确的航向。内置的宽动态范围 ($\pm 1\text{ G}$ 或 $100\ \mu\text{T}$) 磁场计允许 HMR3000 工作在较大的磁场下^[3]。HMR3000 的外形图见图 1, 原理框图见图 2,

收稿日期: 2010-05-10

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2006AAJ105)

作者简介: 李书华(1976-), 河南郑州人, 工程师, 研究方向为信号处理和系统总体技术; 邵勇(1964-), 工程师, 从事无线电发射及电子信息工程的应用与研究。

测向示意图见图 3.

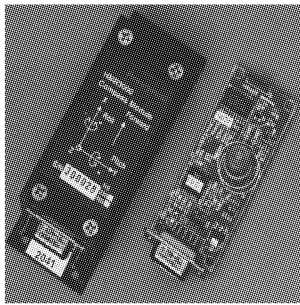


图 1 HMR3000 电子罗盘

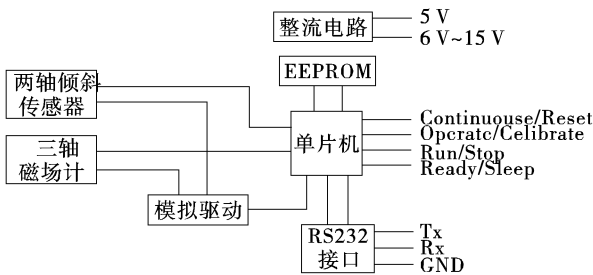


图 2 HMR3000 原理框图

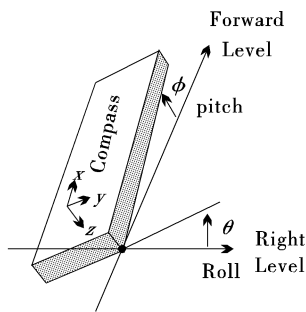


图 3 电子罗盘测向示意图

2 电子罗盘干扰分析

电子罗盘通过感应地磁场指示方向,当灵敏度范围内存在铁磁性物质干扰时,其测向结果就会受到影响.以 HMR3000 电子罗盘为例,其内部包含 2 个相互垂直布置的磁场计,一个为 X 方向,另一个为 Y 方向(见图 4),使电子罗盘保持水平和稳定慢慢旋转一周,得到的 X 轴向磁场分量和 Y 轴向磁场分量将会在 X - Y 坐标上形成一个图形,在无外界干扰时,形成圆心在 0 点的标准圆;在受硬磁性物质影响时,形成圆心偏离 0 点的标准圆;在受软磁性物质影响时,比如电机或线圈,形成圆心位于 0 点的椭圆;在受硬磁性物质和软磁性物质同时影响时,形成

圆心偏离 0 点的椭圆.

电子罗盘在应用时,必须首先进行标定,以补偿周围磁场的影响和初始化罗盘参数.标定的原理是通过对 X 轴向磁场分量和 Y 轴向磁场分量的平移或比例调整,使得最终 X 轴向磁场分量和 Y 轴向磁场分量在 X - Y 坐标上形成一个圆心位于 0 点的标准圆.

在参考文献[2]中,霍尼韦尔给出了在无干扰时、受车体影响时和车体影响被标定后电子罗盘的磁场计输出,如图 4 所示[4].

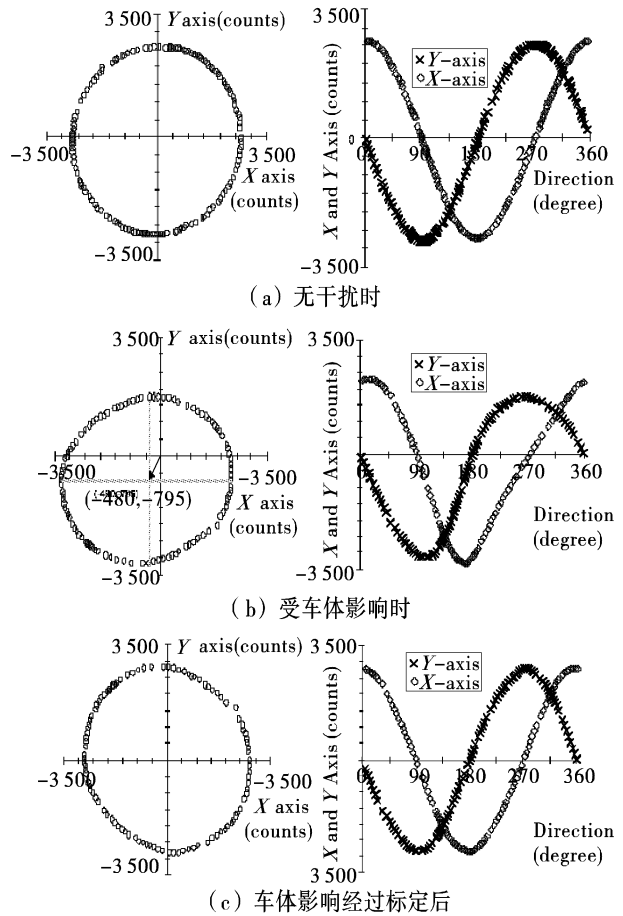


图 4 电子罗盘水平转动一周磁场计输出

3 在车载设备上的使用

在车载设备上,使用 HMR3000 电子罗盘指示设备的方向.为降低驻车的影响,电子罗盘使用铝杆举起,随着设备在方位面上转动.在使用过程中发现电子罗盘的测向误差变化很大.在驻车方向不变的情况下,标定后测向误差能够满足使用要求,但在驻车方向变化后,测向误差明显增大.经过分析,当驻车方向不变时,电子罗盘的磁场计输出数据为一偏

心椭圆,经过标定,能够将数据调整到以 0 点为圆心的标准圆上,但是当驻车方向发生变化后,电子罗盘的数据输出为不同的偏心椭圆,因此先前标定的数据失效,导致电子罗盘的测向误差增大.表 1 示出了驻车方向变化时电子罗盘的测向误差.

在分析了电子罗盘测向误差原因后,研究出 3 种方法进行解决:

(1) 软件补偿法

在试验过程中发现,随着驻车摆向的变化,电子罗盘的测向误差也呈规律性变化.为此,考虑在终端采取软件补偿方法减小测向误差.

在驻车以某个摆向对电子罗盘标定后,将驻车按每 30°摆向分别对周围选定目标进行测向,保存每次的测量结果,如表 1 所示.

表 1 未加软件补偿、驻车不同摆向时电子罗盘测向误差 / (°)

目标	驻车摆向/(°)															
	20	32	53	66	105	126	161	179	199	214	251	267	286	304	335	358
1	3.5	4.2	3.9	3.7	3.7	2.2	2.2	1.2	1.7	1.5	1.7	2.2	1.7	1.7	2.2	2.7
2	3.7	3.7	4	4.2	3.7	2.7	2.2	1.2	1.7	1.2	1.7	2.2	2.2	1.7	2.2	2.7
3	4.3	4.3	4.3	3.8	3.3	2.3	2.3	1.3	1.3	1.3	1.8	1.8	2.1	1.8	2.8	3.3
4	4.4	3.9	4.4	3.9	3.4	2.4	2.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.9	1.9	1.9	2.9	3.4
5	4.4	4.4	4.4	3.4	3.4	2.4	2.4	1.4	1.9	1.4	1.4	1.9	2.1	2.4	3.1	3.9
6	5	4.5	5	4.5	3.5	2.5	2.5	1.5	2	1.5	2	2	2	2.5	3.2	4
7	5	5	5	4	3.5	2.5	2.5	1.5	2	1.7	2	2.3	2.5	2.5	3.5	4
8	5	4.5	5	4.5	3.5	2.5	2.2	1.5	2	2	2	2.5	2.5	2.5	3.5	3.5
9	4.3	4.3	4.8	4.3	3.3	2.3	2.3	1.8	1.8	1.8	2.3	2.3	2.3	2.3	3.3	3.3
10	4.1	4.6	4.6	4.1	3.6	2.1	2.1	1.1	1.6	1.6	2.1	2.1	2.1	2.1	3.1	3.6
11	3.7	4.2	4.5	4	3	2	1.5	1	1.5	1.5	2	2.2	2	2	2.5	3.5
12	3.3	3.8	4.3	3.8	2.8	1.8	1.6	1.3	1.3	1.3	1.8	1.8	1.8	1.8	2.3	2.8
13	3.1	3.6	3.9	3.6	2.6	1.6	1.6	1.1	1.1	1.1	1.6	1.6	1.6	1.6	2.1	2.6
14	3.6	3.6	3.9	3.6	3.1	1.6	1.6	1.1	1.1	1.1	1.6	1.6	1.6	1.6	1.9	2.6
15	3.2	3.2	3.7	3.7	3.2	1.7	1.7	1.2	1.2	1.2	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	2.2
16	3.5	3.2	3.9	3.7	3.2	2.2	2.2	1.2	1.7	1.2	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	2.2
MAX	5	5	5	4.5	3.7	2.7	2.5	1.8	2	2	2.3	2.5	2.5	2.5	3.5	4
MIN	3.1	3.2	3.7	3.4	2.6	1.6	1.5	1	1.1	1.1	1.4	1.6	1.6	1.6	1.7	2.2

注 1:MAX 指在某个驻车摆向时,电子罗盘对 16 个目标测量误差的最大值,MIN 则指最小值.

注 2:因数据较多,表中不再列出测量值和真实值,而是直接给出二者差值.

注 3:下同.

假设驻车摆向为 X 度,需要补偿的角度为 Δ 度,采取四阶曲线拟合补偿公式^[5]

$$\Delta = A_4 X^4 + A_3 X^3 + A_2 X^2 + A_1 X + A_0$$

将表 1 所示驻车摆向数据 $X = [20\ 32\ 53\ 66\ 105\ 126\ 161\ 179\ 199\ 214\ 251\ 267\ 286\ 304\ 335\ 358]$ 与误差数据 $\Delta = [4.05\ 4.1\ 4.35\ 3.95\ 3.15\ 2.15\ 2.14\ 1.55\ 1.55\ 1.85\ 2.05\ 2.05\ 2.05\ 2.6\ 3.1]$ 送入 matlab 软件进行拟合,可以得出 $A_4 = -2.78 \times 10^{-9}$, $A_3 = 2.251 \times 10^{-6}$, $A_2 = -5.317 \times 10^{-4}$, $A_1 = 0.026\ 96$ 和 $A_0 = 3.808$,将该补偿公式嵌入终端处理软件中,假设测量结果为 F ,则实际值 $F' = F - \Delta$.采用软件补偿后,设备的测向误差见表 2.

(2) 限定驻车摆向法

软件补偿法的效果比较理想,但每次测量之前,

需要首先测量驻车摆向,这个过程大概需要 1 min 钟,降低了设备的工作效率.为此又考虑其他方法.在软件补偿法中,获取了大量的数据,通过分析,可以看出,当驻车摆向在某个较大范围变化时(比如车头指南 $\pm 30^\circ$ 范围),罗盘的误差变化不大,此时,通过简单的调整罗盘安装偏角即可修正测向误差.通过更换场地验证,该方法是可行的.测试数据见表 3.

(3) 更改系统设计法

罗盘在驻车以某个摆向标定后,在该摆向上的测试误差满足要求,证明通过标定能够基本消除车体的影响,而当驻车摆向变化时,测向误差增大,是因为罗盘周围磁环境发生变化所致.因此,考虑将电子罗盘固定在驻车上,只用于指示驻车方向,而在设备中增加角编码器,用于指示设备和驻车之间夹角,

则设备指向等于罗盘输出+角编码器输出.采用此方法后,车体对罗盘的影响保持恒定,在磁场计输出

曲线上表现为一个固定的椭圆,通过标定,能够补偿外界磁场的影响.采用此种方法的测试数据见表4.

表2 采用软件补偿、驻车不同摆向时电子罗盘测向误差

/(°)

目标	驻车摆向/(°)											
	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
1	1.7	1.9	1.8	1.2	1.1	1.2	1.4	1.2	1.3	1.3	1.5	1.6
2	1.7	2	1.6	1.3	0.9	1.2	1.1	1.3	1.1	1.3	1.2	1.5
3	1.7	2	1.7	1.4	0.6	0.8	1	1.2	1.2	1	1.1	1.4
4	1.5	1.8	1.7	1.2	0.7	0.6	0.7	1	1	1.2	0.9	1.3
5	1.4	1.6	1.5	1.1	0.7	0.4	0.8	0.7	0.9	0.8	0.6	1
6	1.3	1.8	1.4	1	0.7	0.2	0.5	0.7	0.6	0.9	0.8	0.9
7	1	1.6	1.3	0.8	0.4	0.2	0.2	0.5	0.5	0.8	0.4	0.6
8	0.6	0.9	1.2	0.9	0.3	0.1	0.1	0.4	0.7	0.7	0.4	0.5
9	0	0.6	0.7	0.4	0	0.1	-0.1	0.3	0.3	0.6	-0.1	0
10	-0.6	-0.6	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4	-0.3	-0.2	0	0	-0.5	-0.7
11	-1.6	-1.4	-1.1	-1.1	-0.7	-1	-1.3	-0.8	-0.8	-0.8	-1.2	-1.3
12	-1.7	-1.9	-1.8	-1.4	-1.2	-1.6	-1.6	-1.4	-1.4	-1.3	-1.4	-1.7
13	-1.5	-1.4	-1.7	-1.3	-1.1	-1.3	-1.4	-1.3	-1.4	-1.2	-1.2	-1.3
14	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	0	-0.2	-0.2	-0.4	-0.6	-0.3	-0.3	-0.2
15	0.2	0.2	-0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	-0.1	0	0.3	0.4
16	1.2	1.3	1.2	0.8	0.9	1.5	1	0.6	0.6	0.6	1	1.2
17	1.5	1.7	1.3	1.2	1.2	1	1.2	0.9	0.9	1	1.1	1.4
18	1.7	1.9	1.5	1.4	1.2	1.5	1.5	1.4	0.8	1	1.1	1.7
MAX	1.7	2	1.8	1.4	1.2	1.5	1.5	1.4	1.3	1.3	1.5	1.7
MIN	-1.7	-1.9	-1.8	-1.4	-1.2	-1.6	-1.6	-1.4	-1.4	-1.3	-1.4	-1.7

表3 限定驻车摆向时设备的测向误差

/(°)

目标编号	真 值	车向正南		车向南偏左 30°		车向南偏右 30°	
		实测值	误差	实测值	误差	实测值	误差
1	210.9	212.5	1.6	211.5	0.6	213.5	2.6
2	246.24	247.5	1.26	246.5	0.26	248.5	2.26
3	263.16	264	0.84	263	-0.16	265	1.84
4	293.28	293.5	0.22	292.5	-0.78	295	1.72
5	320.4	320	-0.4	319	-1.4	321.5	1.1
6	348.6	348	-0.6	347	-1.6	349.5	0.9
7	7.62	7	-0.62	6	-1.62	8	0.38
8	39.84	39	-0.84	38.5	-1.34	40	0.16
9	64.8	64.5	-0.3	64	-0.8	65.5	0.7
10	93.9	94	0.1	93	-0.9	94.5	0.6
11	124.2	124.5	0.3	124	-0.2	125	0.8
12	156.3	157.5	1.2	156.5	0.2	158	1.7
13	177.48	179	1.52	178	0.52	179.5	2.02

表4 改进设计后设备的测向误差 /($^{\circ}$)

目标	驻车摆向/ $^{\circ}$						
	20	53	105	161	214	286	335
1	1.1	1.6	2.1	1.5	-1.9	-1.9	1.1
2	1.2	1.2	1.7	1.4	-2.1	-1.9	0.9
3	1.2	1.2	-0.3	1.9	-1.8	-1.5	1.9
4	1.6	2.1	0.5	1.8	-1.4	-1.4	1.8
5	1.7	1.7	1.7	1	-0.5	-1.2	1.9
6	1.4	1.4	1.9	0.8	-0.7	-0.9	2.0
7	1.5	2	2	0	-0.2	-0.6	1.8
8	2	1.5	1.5	0.1	-0.2	-0.6	1.8
9	1.3	1.8	0.3	0.1	0.1	-0.6	1.7
10	1.6	1.6	0.1	1.1	-0.4	-0.4	1.2
11	0.9	1.4	0.9	0.7	-0.9	-0.9	0.6
12	1.1	1.6	1.6	1.2	-0.9	-1.6	0.4

4 结 束 语

电子罗盘在各种领域已经获得了广泛的应用.文中以工程应用为背景,分析了电子罗盘应用出现的问题,并给出了3种解决方案,最终成功解决了这个工程应用问题,为电子罗盘的应用提供一种新的思路.

参考文献

[1] 张开明. 地磁场水平分量测量方法的探索[J]. 太原

(上接第12页)

2种信号宽度不同采用信号匹配法来确定弹丸过靶波形.具体方法是通过分析第一发弹丸过靶波形的脉冲宽度,以该宽度为基准(第一发弹丸过靶波形受振动信号影响较小),顺序向后寻找与该脉冲宽度匹配的脉冲信号^[6].找到匹配脉冲信号后即可对特征点进行判别.脉冲匹配法在振动信号较大而弹丸信号较小时容易引起误差,因此实弹测试时应采取必要的减振措施.

3 试验结果及结论

系统经过实弹射击后,弹丸以5发一组,分别射击,测试结果表明,弹丸的速度变化幅度不超过3%,射频不超过4%.在采取减振措施后,弹丸过靶波形受振动信号的影响较小,没有发生弹丸误判情况.

随着光电子技术和制造技术的纵深发展,如何实现“测时”这一关键环节的快捷化、智能化、自动化、实

师范学院学报,2007(2):88-91.

- [2] 陈正想. 小型化技术与数字磁罗盘的开发[J]. 水雷战与舰船防护,2005(1).
- [3] Honwell Company. HMR3000 datasheet,2002.
- [4] Caruso M J. Applications of magnetoresistive sensors in navigation systems[J]. Sensors and Actuators, 1997, 42(9): 15-21.
- [5] 陈光. 最小二乘曲线拟合及 Matlab 实现[J]. 兵工自动化,2005(3):107-108.

时化成为测试工作解决的主要问题.当前,信息光电子技术蓬勃发展,半导体激光器应用日益广泛,激光测速系统也步入了一个崭新的发展时期.基于激光光幕的连发测速系统除了对连发弹丸过靶速度和射频进行测试外,同样可以应用于单发弹丸过靶速度的测试.在靶场测试设备中有广阔的应用前景.

参考文献

- [1] 蔡荣立. 一种抗光干扰光幕靶的设计与改进[J]. 光学技术,2006(9).
- [2] 王斌,赵冬娥. 带光电直流补偿的激光测速靶系统设计[J]. 弹箭与制导学报,2009(5).
- [3] 喻俊志,王高,赵冬娥. 激光测速靶结构优化的光路分析[J]. 测试技术学报,2001,15(1):1-5.
- [4] Bruce Eckel,Chuck Allison. C++编程思想[M].北京:机械工业出版社,2004.
- [5] 杨锋. 数值分析[M].北京:科学出版社,2000.
- [6] 倪永州,田跃. 一种快速模板匹配的波形识别算法[J]. 传感器世界,2006(4).