

文章编号: 1001-411X(2002)04-0078-03

# ProMARK X 接收机接收定位精度的实验研究

赵新<sup>1</sup>, 罗锡文<sup>1</sup>, 任月刚<sup>2</sup>, 区颖刚<sup>1</sup>, 洪添胜<sup>1</sup>

(1 华南农业大学工程学院, 广东 广州 510642; 2 内蒙古包头城建局, 内蒙古 包头 011000)

摘要: 通过 4 个实验测试了 Magellan 公司 ProMARK X 接收机的定位精度。结果表明, 采用事后伪距差分定位法, 该机固定点动态定位误差小于 2.86 m, 短基线距离测量平均相对误差为 6.65%, 定位精度良好, 可满足精细农业的要求。

关键词: 定位精度; ProMARK X 接收机; GPS

中图分类号: S126

文献标识码: A

Magellan 公司的 ProMARK X 测量型接收机广泛用于 GPS 定位中。华南农业大学于 1997 年购入 3 台该型接收机并用于森林调查定位、沿海围垦动态管理定位和农田耕作阻力测定中, 采用事后伪距差分, 该机定位精度能够满足农业应用的要求<sup>[1]</sup>。为进一步了解 2000 年 5 月美国取消 SA 政策后该机的定位精度, 本研究对 ProMARK X 接收机的定位精度进行了实验研究。

## 1 实验方案和过程

### 1.1 单机定位精度

为了确定接收机的单机定位性能和取消 SA 政

策的影响, 自 2001 年 5 月到 2001 年 10 月共进行了 3 次实验, 分别在华南农业大学茶山基准点(纬度: 23°08'58.60611"N, 经度: 113°20'53.39135"E, 海拔: 79 m)、华南农业大学工程学院试验农场及土槽实验室屋顶三个地点进行了单机接收定位试验, 经纬度数据和转换成的北京-54 坐标数据见表 1。试验时同时在基准点放置另一台接收机, 对测试接收机位置进行伪距差分定位, 并计算出差分结果和单机测量结果的误差。表 1 所示, 单机平均定位误差约 73.5 m。

### 1.2 接收机定点定位精度

动态工作时, 随着时间的变化接收机接收值也在变化, 为了了解变化程度, 确定接收机动态定位差

表 1 ProMARK X 单机定位与差分定位比较<sup>1)</sup>

Tab. 1 Comparison between GPS and DGPS of ProMARK X

(2001.05-2001.10)

时间地点 time and place	单机定位值 GPS			伪距差分 DGPS			误差 <sup>2)</sup> error
	纬度 latitude	经度 longitude	海拔 altitude	纬度 latitude	经度 longitude	海拔 altitude	
	(X/m)	(Y/m)	/m	(X/m)	(Y/m)	/m	
05°15 基准站 base station	23°08'58.09"N (2 561 285.197)	113°20'55.90"E (19 433 315.196 6)	86	23°08'58.606 11"N (2 561 301.394)	113°20'53.391 35"E (19 433 243.899 3)	79	73.11
05°18 基准站 base station	23°08'58.10"N (2 561 285.494)	113°20'55.97"E (19 433 317.188 2)	92	23°08'58.606 11"N (2 561 301.394)	113°20'53.391 35"E (19 433 243.899 3)	79	74.99
10°18 试验农场 (静态) test farm	23°09'40.17"N (2 562 573.338)	113°21'47.10"E (19 434 777.431 6)	13	23°09'40.631 41"N (2 562 587.835)	113°21'44.671 27"E (19 434 708.405 1)	8.5	70.53
10°20 基准站 base station	23°08'58.14"N (2 561 286.727)	113°20'55.96"E (19 433 316.910 4)	102	23°08'58.606 11"N (2 561 301.394)	113°20'53.391 35"E (19 433 243.899 3)	79	74.47
10°20 实验室顶 (静态) lab's roof	23°09'34.50"N (2 562 408.453)	113°20'31.55"E (19 432 627.524 9)	48	23°09'35.064 9"N (2 562 426.159)	113°20'29.006 96"E (19 432 555.262 5)	28	74.40

1) 括号内数据为北京-54 直角坐标(X 或 Y); 2) 此项是试验点伪距差分定位点与单机接收定位点间的距离。

分精度, 2001 年 10 月 20 日进行了静态和动态定位实验: 将一台接收机放置在基准点作基准站, 另一台接收机放置在土槽实验室固定点先后进行静态和动

态差分模式测试, 测试时间分别为 70 和 50 min。测试结果经 Mstar 后处理软件伪距差分处理后, 如图 1 所示, 图中除一个静态定位差分点外, 其余为 50

min 接收的 3 136 个动态定位差分点. 将动态和静态点的所有数据转换为北京-54 坐标后, 利用 Excel 处理得出固定点动态定位点散布图(图 2), 从图 2 中可以看出 ProMARK X 接收机在动态模式下, 定点定位时定位点分散在以真值(均值)为圆心, 半径为 2.86 m 的圆内, 其中有 86% 的定位点分布在半径为 2 m 的圆内. 图中 1 所指为静态定位差分(均值), 2 所指为动态定位差分均值, 二者距离为 0.25 m, 表明该机定点差分定位在静、动态模式下, 精度都很高. 若以固定点的静态定位差分作为真值, 那么所有动态定位差分分布在半径为 3.06 m 的圆内, 其中分布在半径为 2 m 圆内的数值点有 79.4%.

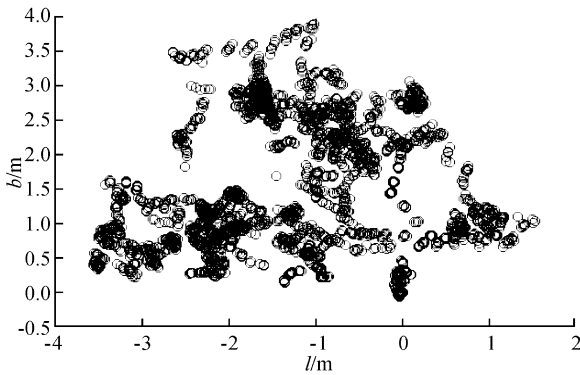
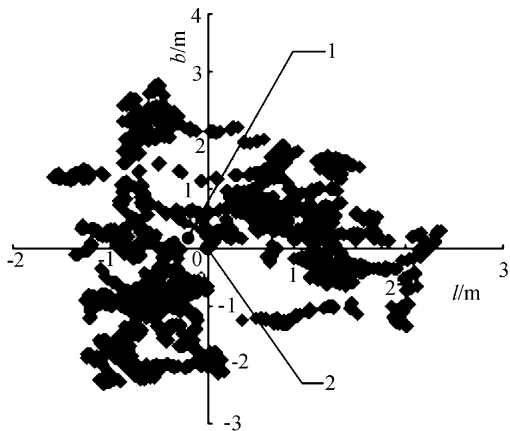


图 1 固定点定位静态差分值和动态差分分散图

Fig. 1 The DGPS distribution map of fixing point at static state and dynamic models



1 静态定位差分(70 min) static DGPS; 2 动态定位差分平均值(50 min) average of dynamic DGPS

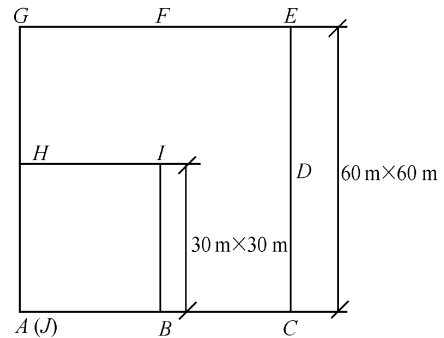
图 2 固定点动态定位差分(3 136 数据)分散图

Fig. 2 The DGPS (3 136 datum) distribution map of fixing point in dynamic models

### 1.3 短基线距离测试

在学校球场内利用指南针和皮尺量出边长 60 m 和 30 m 的 2 个标准正方形, 图 3 所示. 实验时, 在茶

山顶已知标准点放置一台接收机作为基准站, 另一台接收机作为移动台, 在学校操场内正方形各顶点进行采样定位(其中在边长为 60 m 正方形 CE 和 EG 边的中点 D 和 F 点也进行采样), 每个点静态采样 30 个数据.



D、F—中点 midpoint

图 3 正方形测量图

Fig. 3 The map of square

实验数据经事后伪距差分处理后, 计算绝对测量误差和相对测量误差.

各测点经纬度坐标数据见表 2, 表 3 为通过正方形各顶点定位数据计算出正方形各边长距离, 并和实际值比较求出测量值的绝对和相对误差.

测试结果表明, ProMARK X 接收机在差分模式下, 在 30 m 和 60 m 线段上测得的距离与实际值有偏差, 最大可达 4.947 m(30 m 时)和 3.061 m(60 m 时), 最大相对误差 16.49%, 平均相对误差为 6.65%, 比张利民<sup>[2]</sup> 实验中得到的平均相对误差 4.1% 要大, 但比最大相对误差相要小(张利民<sup>[2]</sup> 实验中, 最大相对误差为 22.1%).

表 3 显示, 正方形各边产生的误差没有规律性, 是随机的, 可以认为基本反映了接收机的定位性能.

表 2 正方形各顶点(含中点)经纬度坐标值

Tab. 2 The vertex and midpoint position values of square with DGPS

测点 survey point	纬度 latitude	经度 longitude
A	23° 09' 22.166 47" N	113° 20' 54.980 34" E
B	23° 09' 22.252 75" N	113° 20' 56.066 52" E
C	23° 09' 22.116 76" N	113° 20' 57.164 39" E
D	23° 09' 23.083 79" N	113° 20' 57.349 27" E
E	23° 09' 24.166 46" N	113° 20' 57.195 74" E
F	23° 09' 24.244 77" N	113° 20' 56.093 61" E
G	23° 09' 24.063 22" N	113° 20' 55.191 32" E
H	23° 09' 23.186 73" N	113° 20' 55.074 54" E
I	23° 09' 23.146 15" N	113° 20' 56.122 58" E
J	23° 09' 22.172 00" N	113° 20' 54.993 53" E

表3 正方形边长测试绝对误差和相对误差

Tab. 3 The absolute error and relative error of square side length testing

起点	终点	实际值	测试值	绝对误差	相对误差
start	end	real value/m	test value/m	absolute error/m	relative error/%
A	B	30	31.011	1.011	3.34
B	C	30	31.509	1.509	5.03
C	D	30	30.210	0.210	0.70
D	E	30	33.591	3.591	11.97
E	F	30	31.443	1.443	4.81
F	G	30	26.267	3.733	12.44
G	H	30	27.167	2.833	9.44
H	A(J)	30	31.500	1.500	5.00
H	I	30	29.838	0.162	0.54
B	I	30	27.530	2.470	8.23
D	I	30	34.947	4.947	16.49
F	I	30	33.807	3.807	12.69
A	C	60	62.145	2.145	3.575
C	E	60	63.061	3.061	5.10
E	G	60	57.105	2.895	4.825
G	A(J)	60	58.657	1.343	2.238

#### 1.4 移动动态测试

将一台接收机放在已知标准点作为基准站,另一台接收机作为移动台,在学校操场内沿400 m跑道和画出的标准30 m×30 m、60 m×60 m两正方形进行动态模式测试。动态测试轨迹见图4和图5。

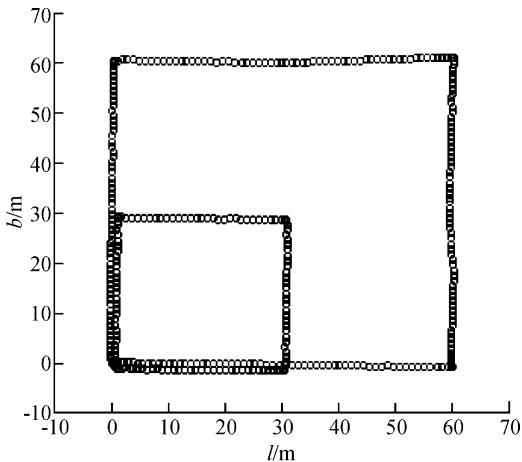


图4 MARK X接收机动态模式实验轨迹图(边长分别为30 m和60 m的正方形)

Fig. 4 The testing map of MARK X GPS receivers in the mobile mode (30 m×30 m and 60 m×60 m square)

图4中的轨迹封闭情况很好,图5中上部一段轨迹不闭合,是由于接收机在该位置(周围地势较高)信号受阻挡未能接收数据造成。移动动态测试的试验结果表明Magellan ProMARK X GPS接收机精度较高,可满足精细农业定位的需求。

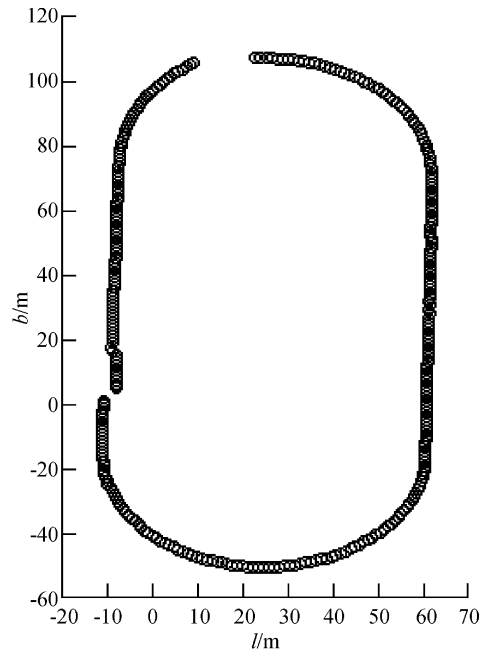


图5 MARK X接收机在学校操场内动态实验轨迹图(400 m跑道)

Fig. 5 The testing map of MARK X GPS receivers in the mobile mode at school playground. (400 m)

## 2 讨论

1)实验结果表明,单机定位误差太大,不宜使用单机定位。在本次实验中,单机平均定位误差为73.5 m。按照Magellan ProMARK X GPS测量型接收机性能及SA政策取消,单机误差应不超过20~30 m。但3次测试误差均在70 m之上,且2001年5月18日同时利用美国Feigson公司拖拉机配置的实时差分系统(Racal)在基准点进行了测试,其平均定位误差为66.07 m<sup>[3]</sup>,因此,笔者认为该机单机平均定位误差为70多米是可信的,表明在定位应用中,单机定位是不可靠的。

2)固定点动态模式下定位测试表明:接收机定位数据均分布在半径为2.86 m的圆内,且86%的数据分布在半径为2 m的圆内,定位性能良好。

3)短基线距离测量表明,接收机最大相对误差为16.49%,平均相对误差为6.65%;最大绝对误差是4.97 m(30 m短基线)。

4)动态模式移动测量轨迹良好闭合,表明接收机的接收性能良好,适合精细农业应用。

#### 参考文献:

- [1] 罗锡文,张利民. DGPS技术在土壤耕作阻力测量中的应用[J]. 模式识别与人工智能,1999,增刊:41-45.
- [2] 张利民. DGPS技术在土壤耕作阻力测量中的应用[D]. 广州:华南农业大学工程学院,1999.
- [3] 赵瑶卿. FieldStar精细农业系统的实验研究与分析[D]. 广州:华南农业大学工程学院,2001.

(下转第92页)

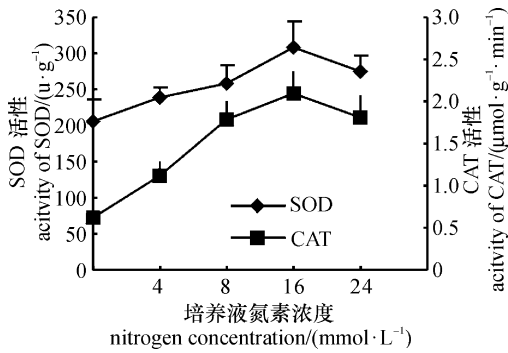


图 2 培养液氮素浓度对叶片 SOD、CAT 酶活性的影响

Fig. 2 Effects of nitrogen concentration on the SOD and CAT activities in the leaves of *Spathiphyllum palls*

2.2.2 培养液氮素浓度对叶片 MDA 及可溶性蛋白质含量的影响 培养液中氮素浓度低时,MDA 含量较高,可溶性蛋白质含量较低;随氮素浓度的提高,叶片可溶性蛋白质含量上升,MDA 含量逐渐下降,在氮素浓度为 16 mmol/L 时,MDA 含量最低(见图 3)。

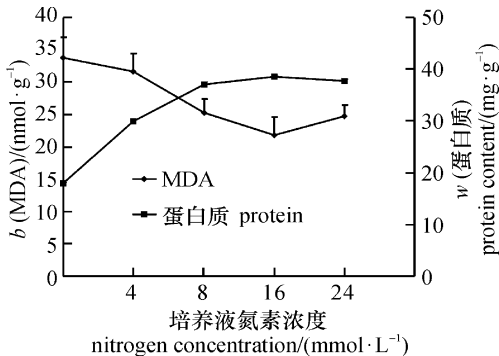


图 3 氮素浓度对叶片 MDA 和可溶性蛋白质含量的影响

Fig. 3 Effects of nitrogen concentration on the contents of MDA and soluble protein in the leaves

### 3 讨论

#### 3.1 培养液氮素浓度与保护酶活性及叶片衰老的

在培养液氮素浓度低时,植株受到氮素营养胁迫,叶片 SOD 和 CAT 酶活性较低,MDA 含量上升,蛋白质含量下降。随培养液氮素浓度的提高,SOD 和 CAT 酶活性同时上升并伴

随叶片 MDA 含量的下降和蛋白质含量的上升。培养液氮素浓度与叶片衰老有十分密切的关系。叶片 MDA 含量与叶片蛋白质之间为负相关,相关系数为 $-0.9189^{**}$ 。

#### 3.2 叶片保护酶活性、MDA 含量与叶片光合性状之间的

本研究结果结合作者过去的研究<sup>[4]</sup>可以看到叶片保护酶活性、MDA 含量与叶片光合性状之间具有密切的关系。从研究所得数据分析,SOD、CAT 与 MDA 含量之间呈显著负相关,相关系数分别为 $-0.9541^{**}$ 和 $-0.9862^{**}$ ;SOD 与荧光诱导参数  $F_v/F_m \Phi PSII$ <sup>[4]</sup>的相关系数分别为 $0.9104^{**}$ 和 $0.9149^{**}$ ,引起 SOD 活性降低的因素也会造成植株光合能力的下降。植株在低氮胁迫的条件下,SOD 及 CAT 等酶活性的下降造成膜脂过氧化增强,MDA 含量上升,同时伴随  $F_v/F_m \Phi PSII$  及光合速率的下降,干扰了植株正常的生理生化代谢,生长受到抑制,衰老过程加速。

#### 参考文献:

- [1] 范燕萍,余让才,郭志华.遮阴对匙叶天南星生长及光合特性的影响[J].园艺学报,1998,25(3):270-274.
- [2] 范燕萍,郭志华,余让才.观叶植物长心叶蔓绿绒光合特性的研究[J].华南农业大学学报,1996,17(4):68-70.
- [3] 范燕萍.我国观叶植物生产新技术[A].高俊平,姜伟贤.中国花卉科技进展[C].北京:中国农业出版社,2001.197-206.
- [4] 范燕萍,余让才,陈建勋等.氮素营养胁迫对匙叶天南星生长及光合特性的影响[J].园艺学报,2000,27(4):297-299.
- [5] BRADFORD M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal Biochem, 1976, 72:248-253.
- [6] 王爱国,罗广华,韶从本等.大豆种子超氧化物歧化酶的研究[J].植物生理学报,1983,9(1):77-83.
- [7] 罗广华.高浓度氧对水稻幼苗的伤害与活性氧的防御酶[J].中国科学院华南植物研究所集刊,1989(4):169-176.
- [8] 林植芳,李双顺,林桂珠等.水稻叶片的衰老与超氧化物歧化酶活性及脂质过氧化的关系[J].植物学报,1984,26(6):605-615.

【责任编辑 柴 焰】

(上接第 80 页)

## Experimental Study on Positioning Precision of ProMARK X Receiver

ZHAO Xin<sup>1</sup>, LUO Xi-wen<sup>1</sup>, REN Yue-gang<sup>2</sup>, OU Ying-gang<sup>1</sup>, HONG Tian-sheng<sup>1</sup>

(1 College of Engineering South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China;

2 Municipal Construction Bureau Baotou Inner Mongolia, Baotou 011000, China)

**Abstract:** The positioning precision of Magellan Co. ProMARK X receiver was studied using four tests. The experimental results showed that the positioning precision of a fix point was less than 2.86 meter in mobile mode, and the average relative error of short line was 6.65%. It can be concluded that the positioning precision of the ProMARK X receiver is good and suitable for precision agriculture.

**Key words:** positioning precision; ProMARK X receiver; GPS

【责任编辑 李晓丹】