



中国航海学会通信导航专业委员会

2004

学术年会论文集

中国航海学会通信导航专业委员会 编



大连海事大学出版社

中国航海学会通信导航专业委员会
2004 学术年会论文集

中国航海学会通信导航专业委员会 编

大连海事大学出版社

© 中国航海学会通信导航专业委员会 2004

图书在版编目(CIP)数据

中国航海学会通信导航专业委员会 2004 学术年会论文集 / 中国航海学会通信导航专业委员会编. —大连: 大连海事大学出版社, 2004.10

ISBN 7-5632-1798-3

I. 中… II. 中 III. ①航海通信—学术会议—文集 ②航海导航—学术会议—文集 IV. U675.7-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 105300 号

大连海事大学出版社出版

地址:大连市凌海路 1 号 邮政编码:116026 电话:0411-84728394 传真:0411-84727996

<http://www.dmupress.com> E-mail: cbs@dmupress.com

大连海事大学印刷厂印装 大连海事大学出版社发行

2004 年 10 月第 1 版 2004 年 10 月第 1 次印刷

幅面尺寸:185 mm×260 mm 印张:22

字数:549 千字 印数:250 册

责任编辑:王在凤 史洪源 版式设计:海 韵

封面设计:王 艳 责任校对:风 韵

定价:60.00 元

前 言

船舶通信导航技术在保障船舶航行安全、提高船舶航运效率方面起着重要的作用。多年来,我国广大通信导航科技人员和管理人员在船舶通信导航技术的研究、应用和设备管理维修等方面做了大量卓有成效的工作。为了便于相互交流学习,中国航海学会通信导航专业委员会汇总有关单位的研究成果和管理工作经验,编辑了本论文集,并在“2004 年全国船舶通信导航学术会议”进行交流。

本次学术会议的论文征集工作得到了中国航海学会通信导航专业委员会的委员单位以及有关专家、教授、学者和广大科技人员的热情支持,收到了大量有价值的论文。本论文集共选录论文 66 篇。论文的内容涉及导航、通信、交管等系统及相关技术的研究、开发和利用,以及系统和设备的技术原理与维修等,内容丰富、理论联系实际,对从事科研、教学、生产管理的科技人员和领导干部有一定的参考价值。

由于编者的水平限制和时间比较仓促,本论文集中存在的不足和错误在所难免,敬请读者批评指正。

中国航海学会通信导航专业委员会

2004 年 10 月

中国航海学会通信导航专业委员会
2004 学术年会论文集编委会

主任委员:王祖温

副主任委员:刘人杰 王世远 范淑敏

委员:崔海深 庞福文 张淑芳 柳晓鸣 刘 畅

目 录

GPS 舰船姿态测量方法研究	张国利,陈继忠,邹铁军,牛慧军(1)
GPS/GLONASS 海试精度分析	张 岩,陈继忠,杨旭东,张国利(5)
GPS 技术及其在我国的发展与应用	齐 琳(10)
GPS 和其他卫星导航系统性能分析及其应用技术	孔庆亮(16)
导航系统中的数字锁相位同步技术及其电路设计	杨媛媛,陈 伟,李正芳(21)
F 卫星船站的技术分析及其应用	华 夏(26)
Inmarsat—F 系统原理及在海事遇险安全通信中的应用	岳 信(30)
海上误报警及 GMDSS 综合训练系统探讨	毛奇凰,王卫宁,施朝健,孙国元(34)
VDR 及其智能数据采集系统	应士君(39)
浅述虚拟专用网在未来船岸通信中的应用	柴全顺(45)
上海国际航运中心洋山深水港 VTS 工程概况	施之平(48)
“一体化”船舶监控管理的探讨	周坤芳,李永波,李德武(56)
基于 SPIHT 与 DSP 的雷达视频数据压缩	王胜正,施朝健(61)
相辅相成,互为补充——浅议雷达和 AIS 在船舶导航中的关系	邓振斌(68)
雷达视频终端显示的研究和实现	苏晓宏,衣 琳,索继东(70)
回波合并法在数字化雷达模拟视频中的应用	许小可(76)
VTS 雷达信号测试与分析	李晓峰(80)
岸台 AIS 的通信容量和应用技术	刘人杰,黄习刚(88)
AIS 服务体系分析	黄习刚(99)
VTS 系统联网中 CORBA 解决方案的研究	文临丰(105)
VTS 系统船舶的安全监控和报警	孟宪宏(109)
船舶交管数据库的现状与未来展望	韩 凤,柳晓鸣(115)
船舶业务与航行数据处理与传输系统——通信方案的选择	李 银,刘人杰,刘 畅(119)
烟大火车轮渡通信与调度管理系统的探讨	柳晓鸣,索继东,刘人杰(123)
无线 OFDM 通信系统降低峰平比技术的研究	李 梅,黄 超,王 静(128)
一种 MPSK 信号载波频偏估计算法	黄 超,李 梅,王 静,刘兆霆(133)
MF/HF 频段数字选择性呼叫(DSC)接收机射频接收单元的 DSP 实现	李 磊,庞福文(137)
汉字奈伏泰斯接收机的基于 DSP 控制的液晶显示部分的实现方案	宋 瑞,庞福文(142)
基于软件无线电技术的数字甚高频接收机	孙 彬,庞福文(147)
抽取内差器的实时处理结构及其 FPGA 实现	焉德广,庞福文(151)
基于嵌入式的程控交换系统的设计	杨 柯,陈 伟,李正芳(158)
CDMA 网络优化浅谈	贾 琦(164)

浅谈 GSM 系统交换网络的优化	李艳坤(169)
浅析 CDMA 网络中的掉话问题	符 锐(174)
论现代移动通信技术的发展	于善慧(179)
IP 电信网的 QoS 技术	齐颖超(184)
移动通信系统中的智能天线技术	杜晓军(189)
朗讯 5ESS 交换机移动呼叫处理过程的分析论述	冯立新(194)
移动 IPv6 概述及 IPv6 的安全体系结构	齐 琳(204)
宽带化——电信发展的必由之路	顾大局(212)
局域网的规划、建设与质量控制	李立贤(217)
浅析 GSM900/1800 双频网优化	李跃虎(222)
电信网络信息安全的体系结构	陈继宏(226)
软交换技术和下一代通信网络	杨雪松(233)
嵌入式 TCP/IP 技术在单片机通信中的应用	刘洋洋,张均东(238)
OFDM 信道估计中的导频结构的设计	苑传林,张来保,李蔚海(242)
GSM 双频混合组网在大连的应用情况	温 迟,张毅颖(248)
浅谈数据通信及其应用前景	于小龙,范淑敏(255)
光通信技术的前景展望	李春晖(260)
GPRS 车载终端的设计与实现	姜长龙,成 川(266)
短消息电话中数据链路层的控制技术	姜国兴(270)
移动通信信道特性分析	姜凤娇(274)
基于 Quartus II 的多种 EDA 工具协同设计的研究	王美妮(277)
Zigbee 技术简介及其在无线传感网络中的应用研究	陈淑娟(281)
一个推广参数矢量算法在语音分离中的应用	史晓非,王宪峰,黄耀惊,刘人杰(287)
一种盲分离算法在图像分离中的应用	史晓非,王宪峰,黄耀惊,刘人杰(291)
神经网络语音信号识别与特征值提取的研究	刘 剑,崔远慧,成 川(295)
自适应滤波器的 FPGA 实现	邓志宝,李爱国,桑士伟(304)
工业控制中交换式以太网性能解析	何万里,任 光,朴钟铨(311)
公寓用电智能管理控制系统	刘 君(316)
海军 91043 部队建成油库综合信息化管理 系统	马月红,赵宝毅,曲永刚,李瑞庆,徐兆鹏,王 岩(319)
火电土建工程质量验评系统的设计及实现	何荣余(325)
液化天然气储运安全性分析	郭 静,吴宛青,杨 光,董靛瑜(328)
锅炉调度与控制系统	杨 康(332)
m 语言转成 C/C++ 代码和 Simulink 模型到 DSP 代码 实现	郑 盛,索继东,王英春(338)
论 ADO 在 Visual BASIC 中的应用	贾连连(343)

GPS 舰船姿态测量方法研究

张国利, 陈继忠, 邹铁军, 牛慧军
(92941 部队 95 分队)

摘要: 海上武器装备系统试验, 除试验船这类专用试验平台外, 多数试验平台为作战舰船, 作战舰船上不可能为试验预留惯性平台, 试验时也不能安装高精度惯性导航设备进行姿态真值测量, 从而导致此类试验长期以来不能提供姿态真值, 影响试验结果的评定。该方法解决了舰船武器系统试验无姿态测量基准的问题。

关键词: 定位; GPS; 姿态测量

0 引言

近年来, 随着 GPS 载波相位动态差分定位技术逐步进入使用, 为高精度 GPS 测姿测量提供技术支持。本课题通过对 GPS 姿态测量技术及工程中所遇到的问题的研究, 可为海上武器系统试验提供姿态真值测量, 达到姿态测量精度高、布站灵活, 适用各类舰船及试验飞机, 解决目前所存在的武器系统试验无姿态测量基准的问题。

1 用途

本项目研究成果应用于各类舰船及试验飞机的姿态真值测量。

2 国内外现状

目前高精度姿态测量的核心技术载波相位差分技术已进入使用阶段。国外出现了 3 天线或 4 天线的专用测量设备, 但是由于其天线位置固定, 基线较短 (1~2 m), 测量精度低, 工程实施困难, 不易修正, 因此不能作为真值测量的使用系统。由于姿态测量特别是高精度的姿态测量存在若干技术问题, 故目前尚未见到高精度的 GPS 姿态真值测量系统。国内如中船总等单位开展了 GPS 测姿的研究, 提出了工程应用的一些问题。我所近几年开展了 GPS 载波相位差分技术及其应用的研究, 进行了高精度的 GPS 测姿技术的前期预研, 对 GPS 测姿的核心技术和工程应用中的问题较为熟悉, 对 GPS 测姿技术进行了深入的研究。

3 研究内容

研究内容包括 GPS 测姿的核心技术部分及应用技术部分。核心技术部分解决 GPS 测姿的精确定位问题, 它是高精度测姿的基础。应用技术要解决工程应用中的各种问题, GPS 测姿所面临的应用技术较为复杂, 国内至今尚缺乏深入研究, 提出工程应用上可行的解决方法。在 GPS 领域, 通常讲的测姿精度是指理论精度, 其前提是要求载波相位观测平稳连续, 并忽

略工程应用中产生的各种误差。经过分析表明，在实际应用中载波相位观测引起的误差以及在工程应用中产生的误差将远大于理论误差。进行 GPS 测姿方法研究必须解决这些问题，否则 GPS 测姿实际上不能满足测量要求，不能进入测量使用。将高精度 GPS 测姿的各种问题归纳起来，研究内容如下：

- a.在姿态测量约束条件下精确求解载波相位整周模糊度；
- b.在姿态测量的约束条件下建立灵敏的周跳检测技术及高精度的相位观测量修复技术；
- c.测姿系统安装误差的影响分析及对其修正和初始化技术；
- d.载体波变形对姿态测量影响分析及修正方法；
- e.测姿天线共面问题对姿态测量影响分析及修正方法；
- f.测姿系统在靶场实际应用中所能达到的精度分析及精度控制措施；
- g.测姿系统软硬件构建方案；
- h.测姿系统数据传递与接口。

4 关键问题及研究思路

4.1 载波相位整周模糊度的精确求解

GPS 测姿要进入到实际应用必须首先解决载波相位模糊度的高精度动态求解，这是先决条件。动态求解是由海上的测量环境决定的。只有静态初始化的测姿系统在海上是没有实际价值、不能实际应用的。高精度的舰位真值测量由所要求的精度决定。通常的载波相位差分定位求浮动解可满足要求。对于测姿，浮动解会导致姿态角测量误差过大，而必须求固定解。求固定解难度更大，需要的技术更复杂，这是姿态测量的关键技术。目前国外已有较为有效的固定解求解方法。在此基础上将研究进一步提高求解精度及可靠性，我们将从以下几个方面研究：

- a.充分利用双频观测信息量及相位观测量，经过平滑提高模糊度初值来估算精度；
- b.优化模糊度搜索空间，经进行过谱分解化为标准的数字空间，减少计算量，进行双频相位性组合，增加波长，减小搜索域；
- c.在搜索过程中建立完备的检验准则：
 - 被检点与测码伪距相容性检验；
 - 闭合差向量的范数检验；
 - 与冗余模糊度的相容性检验；
 - 残差范数检验；
 - 残差二次型检验；
 - 模糊度函数值检验；
 - 归一化模糊度函数值检验；
 - 残差二次型对比检验。
- d.在求解过程中把天线间已知距离作为约束，加速求解过程。

4.2 周跳的灵敏检测与高精度修复

在试验过程中，载波相位观测量出现周跳是不可避免的。在一般定位中的周跳检测存在不可忽略的死区，这种死区在高精度姿态测量中是不能容忍的，需要建立更为灵敏的周跳检

测和更为精确的周跳修复技术,否则测量的精度和可靠性不能保证。主要从以下三方面研究:

- a.首先进行一次解算,将一次解码所得运动参数应用于周跳判别及对周跳的平滑修复;
- b.天线间已知距离作为约束条件建立新的周跳检测准则及周跳修复结果的判别;

c.对姿态角测量结果进行优化处理,在优化处理中把姿态测量系统与被测系统作为一个统一的测量系统,充分利用被测系统的姿态运动信息及姿态测量系统的状态信息进行最优处理,进一步提高精度和可靠性。

4.3 工程应用中若干问题

GPS 测姿系统,国外几年前就有了固定天线系统,但并没有进入实用阶段。国内有些单位也曾买过这样的系统,但是由于缺乏深入的研究,对工程应用中出现的问题缺乏认识,最后,这些系统只能搁置一边。分析表明,工程应用中产生的误差比 GPS 测姿系统本身的误差大得多,这是影响 GPS 测姿系统进入使用的主要原因,必须研究解决。

4.3.1 安装误差的修正及其初始化

GPS 测姿系统固定于载体(舰船、飞机)之后,必须确定各天线相位中心与载体坐标系的几何关系。这种几何关系的误差(安装误差)将严重影响测姿精度。以舰船航向测量为例,要求有两个天线安装于舰船首尾线,而实际上天线相位中心与首尾线总会有误差。同时当条件所限不能安装于首尾线时,必须测得它们与首尾线的位置关系。由于基线很短,与首尾线的位置误差将对航向测量精度产生严重影响。例如,对于 10 m 基线,若天线相位中心偏离首尾线 5 mm,将引起的航向误差,对滚动角测量也是如此。在工程实施中,天线相位中心与载体坐标系的这种几何关系又不可避免存在误差,而且这种误差很难控制。这是由于天线相位中心随卫星信号入射角及电磁环境变化,很难准确确定相位中心点。另外,在确定几何位置时,常常需要将天线安装位置投影于载体坐标(对舰船测量这是不可避免的),在测量现场确定投影点必然带来误差。安装误差的另一来源是垂线偏差对 WGS—84 坐标系至水平坐标的转换误差。

对于安装误差的影响要进行定量分析,研究有效的修正方法。研究的途径是在 GPS 测姿系统固定于载体之后,如何确定它们与姿态角起始坐标的关系,从而有效地消除安装误差。

4.3.2 载体变形对姿态测量的影响

GPS 测姿是通过测量多天线在载体坐标系中的相对位置获得的。天线固链于载体,任何载体变形都会使得天线位置偏离载体坐标系,产生测姿误差。

对于载体变形引起的误差,通过两种途径研究。一条途径是对于载体形变深入分析,确定描述载体形变的方法,进而研究对姿态角影响的修正方法及精度控制措施。另一条途径是研究获得载体形变数据的可能性及方法,如能获得即可解决姿态角的修正。

4.3.3 天线不在同一水平面时对测姿的影响

测姿天线能否安装于同一水平面与载体有关。对舰船是不可能保证测姿天线水平共面的,从而产生测姿误差。考虑航向测量,当舰船横摇角为零时,沿首尾线安装的两天线在水平面上的投影与首尾线一致,用两天线的位置计算的方位角即可确定舰船航向。当横摇角不为零时,如果两天线的连线不与首尾线平行,两天线在水平面的投影将偏离首尾线,天线间的方位角偏离了舰船航向。只有两天线的安装高度能保证它们的连线与水平面平行时,才能保证结果是正确的。实际应用中,这一要求不可能满足,需要对航向测量的影响进行修正。

研究对这类误差的修正方法拟采用增加观测信息,通过对所有观测量的运算,求解出测姿天线在动态情况下与载体坐标系的关系,从而对姿态角进行精确修正。

4.4 测姿系统的软硬件构建方案

前面指出,国外现有的天线固定式测姿系统不能简单地拿来作为姿态真值测量,其原因主要有:基线短,通常为1~2 m,测姿的实际精度低;受卫星分布、周跳及相位观测噪声的影响大;安装误差,天线共面误差对姿态角测量精度影响大;由于天线固定,不适于修正工程应用中的误差,在载体上安装也较困难。要建立适用的、安装灵活、可用于各种载体的高精度姿态真值测量系统需要研究新的方案。在吸收固定式测姿系统优点基础上,研究布站灵活、易于实施、使用性强、接口规范的高精度测姿系统方案。系统中配置功能完善的信息处理软件,实施高精度的载波相位动态解码,具备完善的各类误差修正功能。

5 结 论

该研究方法为舰船提供准确的姿态测量真值得到了保证,解决了多年来无法解决的问题,必将大大改善测量效率,缩短试验周期。

参考文献

- 1 刘基余.GPS 卫星导航原理与方法.北京:科学教育出版社,2004
- 2 董绪荣,张守信,华仲春.GPS/INS 组合导航定位及其应用.北京:国防科技大学出版社,1998
- 3 邱致和,王万义.GPS 原理与应用.北京:电子工业出版社,2002

GPS/GLONASS 海试精度分析

张 岩, 陈继忠, 杨旭东, 张国利

(92941 部队 95 分队)

摘要: 本文介绍了在码头系泊和海中抛锚两种状态下, 利用 DGPS 提供的二维位置坐标作为真值, 同时记录 GPS/GLONASS 接收机提供的多组数据, 应用数理统计方法, 对 GPS/GLONASS 接收机进行了精度分析。

关键词: DGPS; GPS/GLONASS 组合机; 数理统计

0 引 言

为了满足不同类型舰艇导航系统试验和评定的需要, 要求具有能够提供高精度舰位真值的测量系统。近年来, GPS/GLONASS 组合机在海上靶场测控领域得到广泛应用。GPS 是美国从 20 世纪 70 年代开始研制的, 历时 20 年, 耗资 200 亿美元, 1994 年全面建成, 具有在海、陆、空进行实时三维导航与定位能力的新一代卫星导航与定位系统。GLONASS 是前苏联从 20 世纪 80 年代开始建设的与美国 GPS 相类似的卫星导航系统。GPS 和 GLONASS 虽然都由 24 颗卫星组成, 但是它们在卫星信号频率、轨道面数量、轨道高度、传输方式、运行周期等方面均有所不同 (表 1)。

表 1

项目	GPS	GLONASS
星座卫星数	24	24
轨道面个数	6	3
轨道高度	20 183 km	19 100 km
运行周期	11 小时 58 分	11 小时 15 分
轨道倾角	55°	65°
载波频率	L1: 1 575.42 MHz	L1: 1 602.56~1 615.50 MHz
	L2: 1 227.60 MHz	L2: 1 246.44~1 256.50 MHz
传输方式	码分多址 (CDMA)	频分多址 (FDMA)
调制码	C/A 码和 P 码	S 码和 P 码
时间系统	UTC	UTC (原点与 GPS 不同)
坐标系统	WGS—84	PE—90
SA	有 (2000 年 5 月 1 日取消)	无
AS	有	无
单点定位精度	优于 10 m	10~15 m

1 GPS/GLONASS

由于 GPS 的卫星对环境的适应能力差, 美国实行了 SA 技术 (SA 技术已于 2000 年 5 月 1 日取消) 降低了民用价值; GLONASS 本身卫星数量有限, 同样存在遮挡环境下适应能力差的缺陷。利用先进的测量解算技术, 在解决了 GPS 和 GLONASS 间由于码分多址和频分多址之间的识别信号不同、美国天文台 UTC 和前苏联 UTC 之间的时间原点不同、GPS 系统的 WGS—84 和 GLONASS 的 PE90 之间的定位基准不同以及两系统的载波频率、轨道数、轨道卫星数、轨道半径、运行周期、码数据率和码元宽度不同带来的一系列问题后, 就可以看出 GPS+GLONASS 双星座系统的明显优势。首先是提供了多达 48 颗可供观测的卫星, 改善了星座的几何强度, 增强了对环境的适应能力; 由于提供了较多的卫星, 使检错、改错、消除粗差的能力增强, 完善性更好; 冗余的定位卫星、良好的几何强度因子、完善的定位解算, 使定位精度得到较大提高。其次是由于可以提供多于 GPS 或 GLONASS 单独差分的卫星信号测量修正值, 使用户在遮挡较严重的区域也能获得较好的差分定位解。再次是解决了单独快速静态需 8 颗以上卫星才能解决行进之中的初始化, 而实际使用中有时难以解决的问题, 从而可以用结构简单、价格低廉的单频机就可快速解算整周模糊度, 实现高精度的 RTK 测量, 并且还大大增强了对隐蔽环境的适应能力。在今后的靶场测量中, 利用 GPS/GLONASS 所具有的充足的多余卫星, 不仅可以对观测值检错排错, 实现“自主完善性监测”功能、舍弃不健康卫星、剔除不合格观测值、提高 DGPS 定位和 RTK 测量的可靠性, 从而获得高精度的定位解, 而且还可以避免受制于单系统的被动, 从而保证在全球任何海域都能提供高精度高可靠性的舰位真值。

为进一步把握 GPS/GLONASS 所能达到的精度, 以保证舰位真值的精度, 我们进行了海试, 并应用数理统计方法进行了精度评定。

2 数理统计方法

在这里我们用大地坐标计算舰位的径向均方根误差的处理方法对 GPS/GLONASS 接收机进行精度评定。分别解算纬向 (北向)、经向 (东向), 再用大地坐标的方法解算径向均方根误差:

①经度均方根误差

$$\sigma_{\lambda} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\lambda_i - \lambda_{i0})^2}$$

②纬度均方根误差

$$\sigma_{\phi} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\phi_i - \phi_{i0})^2}$$

式中: σ_{λ} ——经度的均方根误差;

σ_{ϕ} ——纬度的均方根误差;

λ_i ——第 i 次定位的经度;

ϕ_i ——第 i 次定位的纬度;

λ_{i0} ——船位的经度真值;

ϕ_{i0} ——船位的纬度真值;

n ——定位更新次数 (要求 n 大于 40 次)。

③计算舰位的径向均方根误差

$$\sigma_r = \sqrt{(\sigma_\phi)^2 + (\sigma_\lambda \cos \phi_0)^2}$$

3 海试及精度评定

3.1 海试精度评定要求

GPS/GLONASS 组合机定位精度试验是卫星导航试验的重要项目。由于卫星导航系统在白天和夜晚定位精度不完全相同, 因此, 定位精度试验在时间上应包括日、夜、昏、晓; 在地点上, 应在不同海域进行; 在状态上, 应包括码头系泊、海中抛锚和航行试验, 而航行中应选择不同的方向和速度进行。由于篇幅有限, 本文仅给出码头系泊和海中抛锚两种状态下的部分数据, 进行简单分析。

3.2 海试数据

海试于 2001 年 5 月在辽东湾海域进行, 分别在码头系泊和海中抛锚状态下, 同时记录 DGPS 和 GPS/GLONASS 组合机多组数据, 通过 3σ 原则将可疑数据剔除后, 各留下 30 组数据 (表 2、表 3)。

表 2

单位: 分

码头系泊		DGPS		GPS/GLONASS	
序号	时间	经度	纬度	经度	纬度
1	16:00	0.6065	0.6751	0.60888	0.68007
2	16:02	0.6065	0.6752	0.60563	0.67707
3	16:04	0.6062	0.6751	0.60633	0.6778
4	16:06	0.6058	0.6749	0.60578	0.67837
5	16:08	0.6055	0.6747	0.60571	0.67751
6	16:10	0.6051	0.6748	0.60606	0.67709
7	16:12	0.6047	0.6756	0.60662	0.67893
8	16:14	0.6073	0.6749	0.60572	0.67978
9	16:16	0.6075	0.6746	0.60622	0.67956
10	16:18	0.6075	0.6744	0.60593	0.67995
11	16:20	0.6058	0.6755	0.60558	0.67906
12	16:22	0.6068	0.6749	0.60639	0.6784
13	16:24	0.6055	0.6756	0.60781	0.67845
14	16:26	0.6072	0.6748	0.60782	0.67816
15	16:28	0.6072	0.6749	0.60804	0.67819
16	16:30	0.606	0.6759	0.60797	0.67806
17	16:32	0.6065	0.675	0.6079	0.67785
18	16:34	0.6065	0.6748	0.60712	0.67756
19	16:36	0.6057	0.676	0.60709	0.67718
20	16:38	0.6054	0.6762	0.607	0.67722
21	16:40	0.6073	0.6749	0.60835	0.67686
22	16:42	0.6073	0.6748	0.6084	0.67729
23	16:44	0.6073	0.6749	0.60867	0.67752
24	16:46	0.6078	0.6746	0.60908	0.67726
25	16:48	0.6076	0.6749	0.60899	0.67752
26	16:50	0.6078	0.6748	0.6091	0.67738
27	16:52	0.6079	0.6749	0.60855	0.67587
28	16:54	0.6078	0.6751	0.6085	0.67704
29	16:56	0.6077	0.6752	0.60832	0.67716
30	16:58	0.608	0.6752	0.60843	0.67724

表 3

单位: 分

海中抛锚		DGPS		GPS/GLONASS	
序号	时间	经度	纬度	经度	纬度
1	16:00	0.169	0.69	0.16791	0.69193
2	16:02	0.16	0.701	0.1644	0.70708
3	16:04	0.1667	0.6976	0.1692	0.70111
4	16:06	0.1702	0.6805	0.17231	0.68408
5	16:08	0.1748	0.6811	0.17597	0.68471
6	16:10	0.1657	0.695	0.16701	0.68896
7	16:12	0.1615	0.7018	0.16344	0.7054
8	16:14	0.1685	0.692	0.16034	0.69675
9	16:16	0.1714	0.6745	0.17304	0.67638
10	16:18	0.1748	0.6795	0.17607	0.68196
11	16:20	0.1644	0.6968	0.16521	0.69978
12	16:22	0.16	0.7037	0.16147	0.70564
13	16:24	0.1676	0.6896	0.16984	0.69076
14	16:26	0.172	0.6726	0.17349	0.67404
15	16:28	0.175	0.6785	0.17592	0.68099
16	16:30	0.1638	0.6971	0.16479	0.69948
17	16:32	0.1578	0.7039	0.15979	0.70605
18	16:34	0.1691	0.6952	0.16906	0.6943
19	16:36	0.1616	0.6682	0.1734	0.66842
20	16:38	0.1744	0.664	0.17646	0.66578
21	16:40	0.1728	0.6821	0.17347	0.68427
22	16:42	0.1621	0.6991	0.16326	0.7005
23	16:44	0.1697	0.6948	0.17135	0.69477
24	16:46	0.1626	0.6673	0.17352	0.66784
25	16:48	0.174	0.6595	0.17593	0.66061
26	16:50	0.1778	0.6689	0.17945	0.67178
27	16:52	0.1684	0.6903	0.17037	0.69138
28	16:54	0.1656	0.6969	0.17792	0.6967
29	16:56	0.1709	0.6822	0.17339	0.68108
30	16:58	0.1734	0.6634	0.17567	0.66168

3.3 精度分析

根据前面论述的数理统计方法, 以 DGPS 提供的二维坐标 (精度可达到 2 m 内) 为真值, 分别求出码头系泊和抛锚两种状态下的径向均方根误差。

3.3.1 码头系泊状态下

经度均方根误差:

$$\sigma_{\lambda} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\lambda_i - \lambda_0)^2} = 1.19 \times 10^{-3}$$

纬度均方根误差:

$$\sigma_{\phi} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\phi_i - \phi_0)^2} = 2.95 \times 10^{-3}$$

求大地坐标系下径向均方根误差:

$$\sigma_r = \sqrt{\sigma_{\phi}^2 + \sigma_{\lambda}^2 \cos^2 \phi_0} = \sqrt{(1.19 \times 10^{-3})^2 + (2.95 \times 10^{-3})^2 (0.75802)^2} = 3.085 \times 10^{-3}$$

式中: $\cos \phi_0 = 0.75802$

若以 1 n mile=1 852 m 计算, 则有:

$$\sigma_m = 1852 \times 3.085 \times 10^{-3} = 5.7134 \text{ m}$$

3.3.2 海中抛锚状态下

经度均方根误差:

$$\sigma_\lambda = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\lambda_i - \lambda_0)^2} = 4.34 \times 10^{-3}$$

纬度均方根误差:

$$\sigma_\phi = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\phi_i - \phi_0)^2} = 2.70 \times 10^{-3}$$

求大地坐标系下径向均方根误差:

$$\sigma_r = \sqrt{\sigma_\phi^2 + \sigma_\lambda^2 \cos^2 \phi_0} = \sqrt{(4.34 \times 10^{-3})^2 + (2.70 \times 10^{-3})^2 (0.75802)^2} = 4.799 \times 10^{-3}$$

$$\sigma_m = 1852 \times 4.799 \times 10^{-3} = 8.8875 \text{ m}$$

4 结 论

本文应用 DGPS 提供的二维位置坐标作为真值, 在码头系泊和海中抛锚两种状态下, 对 GPS/GLONASS 卫星导航系统进行了精度分析。根据得出的径向均方根误差可知, GPS/GLONASS 接收机的单点定位精度要好于单机的 GPS 或 GLONASS 接收机的精度, 加上卫星数量多、定位速度快等特点, 在很多领域将得到广泛应用。

GPS 技术及其在我国的发展与应用

齐 琳

(中国联通阜新分公司)

摘要: 今天, 全球定位系统 (GPS) 已被广泛使用, 而且总的发展趋势是为实时应用提供高精度服务。我国自主的导航定位系统整体方案目前已付诸实施, 与国际先进系统相近的自主系统在理论、整体方案设计、关键技术上有了长足的发展。本文对 GPS 进行了描述和说明, 并主要分析了 GPS 技术在我国的发展与应用。

关键词: 全球定位系统 (GPS); 卫星通信; 发展与应用

1 什么是全球定位系统 (GPS)

全球定位系统 (Global Positioning System, GPS) 是美国从 20 世纪 70 年代开始研制的, 历时 20 年, 耗资 200 亿美元, 于 1994 年全面建成, 具有在海、陆、空进行全方位实时三维导航与定位能力的新一代卫星导航与定位系统。经近 10 年我国测绘等部门的使用表明, GPS 以全天候、高精度、自动化、高效益等显著特点, 赢得广大测绘工作者的信赖, 并成功地应用于大地测量、工程测量、航空摄影测量、运载工具导航和管制、地壳运动监测、工程变形监测、资源勘察、地球动力学等多种学科, 从而给测绘领域带来一场深刻的技术革命。

GPS 是美国第二代卫星导航系统, 是在子午仪卫星导航系统的基础上发展起来的, 它采纳了子午仪系统的成功经验。和子午仪系统一样, 全球定位系统由空间部分、地面监控部分和用户设备部分组成。

(1) GPS 系统的组成

GPS 由三个独立的部分组成:

- 空间部分: 21 颗工作卫星, 3 颗备用卫星。
- 地面监控部分: 1 个主控站, 3 个注入站, 5 个监测站。
- 用户设备部分: 接收 GPS 卫星发射信号, 以获得必要的导航和定位信息, 经数据处理, 完成导航和定位工作。GPS 接收机硬件一般由主机、天线和电源组成。

(2) GPS 定位原理

GPS 定位的基本原理是根据高速运动的卫星瞬间位置作为已知的起算数据, 采用空间距离后方交会的方法, 确定待测点的位置。如图 1 所示, 假设 t 时刻在地面待测点上安置 GPS 接收机, 可以测定 GPS 信号到达接收机的时间 Δt , 再加上接收机所接收到的卫星星历等其他数据可以确定以下 4 个方程式: