

CEHUI YU DILI XINXI JISHU

测绘 与 地理信息技术

焦明连 朱恒山 李 晶 主编

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

测绘与地理信息技术

焦明连 朱恒山 李 晶 主编

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是“连云港市测绘地理信息学会第二十四届学术交流会”优秀论文选编。

全书共分六篇,内容涉及全球定位系统、地理信息系统、摄影测量与遥感、不动产登记与管理、工程测量技术、三维激光扫描技术等,反映了测绘与地理信息技术的前沿应用。

本书内容广泛、丰富、翔实、实用,既有在科研活动中提升的理论研究成果,也有来自测绘地理信息工程一线的经验总结,具有一定的学术水平和较高的应用参考价值,适合测绘地理信息技术人员和测绘地理信息类院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

测绘与地理信息技术 / 焦明连, 朱恒山, 李晶主编.

—徐州: 中国矿业大学出版社, 2018. 12

ISBN 978-7-5646-4222-8

I. ①测… II. ①焦… ②朱… ③李… III. ①测绘—
地理信息系统—学术会议—文集 IV. ①P208-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 247704 号

书 名 测绘与地理信息技术
主 编 焦明连 朱恒山 李 晶
责任编辑 史凤萍
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83884103 83885105
出版服务 (0516)83884895 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 江苏凤凰数码印务有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 16.25 字数 406 千字
版次印次 2018 年 12 月第 1 版 2018 年 12 月第 1 次印刷
定 价 42.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

《测绘与地理信息技术》 编委会

主 编 焦明连 朱恒山 李 晶
顾 问 孔令泰
编 委 (按姓氏拼音排序)

曹媛媛	陈 磊	陈美如	陈岳涛
陈 越	陈 周	崔云建	戴 玲
樊亚南	费鲜芸	葛鲁勇	耿东生
黄子浩	蒋廷臣	李进军	李 庆
李珍木	林 琳	林雅丽	刘国良
刘羽茜	刘玉霞	龙冰心	苗晓林
王 川	王 欢	王鹏辉	王韬惠
王筱雪	韦 丽	吴 帅	吴亚楠
谢宏全	杨丽香	杨世明	杨天骄
杨雯彦	杨欣坤	尹 伟	岳 铁
张慧莹	张 莉	张亚一	赵 芳
赵 亮	邹士壮	左明和	

目 录

第一篇 全球定位系统

GPS 技术在矿区地面沉降与地裂缝监测中的方案设计	杨欣坤 (3)
浅谈精密单点定位技术的创新应用	李进军 (7)
精密单点定位技术创新应用需求分析	龙冰心 (12)
精密单点定位技术的创新应用	岳 铁 董洪鹏 王鹏辉 解 洋 刘 煜 (17)
浅析精密单点定位技术在海洋测量中的应用	吴亚楠 李 妍 许祝华 (24)
浅析 GPS 技术在桥梁控制网中的应用	邹士壮 苗晓林 吕 锋 (27)
浅谈 GPS 土地测绘精度的主要影响因素	陈 越 张 莉 张 玲 (31)

第二篇 地理信息系统

AutoCAD 与 ArcGIS 在河道划界工作中的具体应用	杨天骄 吴 杰 朱兴花 王玉标 (37)
基于厦门公共自行车分布的电子地图设计与制作	王鹏辉 岳 铁 董洪鹏 谢 洋 刘 煜 朱 鹏 焦明连 (42)
连云港内河船舶信息查询系统	曹媛媛 崔云健 张亚一 赵 亮 杨雯彦 (48)
面向多样化终端的自适应三维可视化方法研究	刘羽茜 刘国良 杨雯彦 安俊杰 蒋廷臣 (53)

第三篇 摄影测量与遥感

30 年来连云港市水体信息变化分析	赵 亮 杨雯彦 曹媛媛 张亚一 崔云健 陈岳涛 (59)
不同滤波方法在浅剖数据处理中的比较分析	蒋廷臣 纪 成 (64)
长江流域土地覆被变化分析	费鲜芸 孙 岩 (70)
海州湾海洋牧场水体叶绿素 a 浓度遥感反演研究	王筱雪 (80)
基于 MODIS 影像的山东省城市化进程的研究和分析	黄子浩 费鲜芸 (85)
机载 LiDAR 在线路选线中的应用	张慧莹 董春来 王继刚 (89)

基于 91 卫图的影像图制作方法	王 川 (98)
基于 OpenCV 和 Canny 算子的路面裂缝检测算法优化	赵 芳 陈岳涛 赵 亮 闵礼晶 彭红春 (103)
基于多光谱影像和 sar 影像融合的海岸线提取分析	张亚一 杨雯彦 曹媛媛 赵 亮 崔云健 (109)
盐城滨海湿地植被动态及驱动因素研究	林雅丽 (114)
基于 KinectFusion 算法的灾害场景虚实融合可视化	刘国良 刘羽茜 汪 峰 蒋廷臣 (118)
浅谈全景图在旅游业中的应用	杨雯彦 赵 亮 张亚一 崔云健 曹媛媛 (122)

第四篇 不动产登记与管理

“互联网+”举证技术在第三次土地调查中的应用	刘玉霞 周 斌 王庆虎 (129)
基于 PDA 的野外数据采集成果预处理系统的设计与开发	吴 帅 (132)
关于第三次土地调查中城镇村细化调查方法探讨	左明和 冯 浩 蒋晓军 (137)
对不动产登记公告的认识与思考	韦 丽 (140)
农村不动产权籍调查中测绘技术的应用	李珍木 (144)
浅谈第三次全国土地调查	耿东生 王 欢 樊继浩 陶恩海 (147)
浅谈第三次土地调查工作 ——以灌云县龙苴镇为例	林 琳 苗广亮 高中成 (152)
权籍数据库中宗地界址信息高效复用的新方法	杨丽香 陈 磊 樊亚南 (160)
无人机在土地监察中的应用	陈美如 葛鲁勇 (164)

第五篇 工程测量技术

测量控制网优化设计的可靠性法则	尹 伟 祁 琰 (169)
关于水利工程断面测量方法的探讨	苗晓林 邹士壮 吕 锋 (172)
南方 Cass 中方格网方法和 DTM 方法计算土石方量的探讨	张 莉 葛鲁勇 陈美如 (177)
浅谈测绘工程监理	王 欢 耿东生 邵笑笑 (180)
浅析河湖和水利工程管理范围划定工作中的重点难点 ...	樊亚南 陈 磊 胡亚涛 (186)
浅析线状地物图斑化的问题及处理方法	陈 磊 陈向南 王 浩 (190)
全站仪“一步测图法”方案设计与实施	戴 玲 (194)
自由设站坐标解算	杨世明 (198)

第六篇 三维激光扫描技术

基于无人机群的激光扫描测量	王韬惠 焦明连 (205)
三维激光扫描技术在文物修复领域中的应用	崔云健 曹媛媛 李 庆 赵 亮 张亚一 杨雯彦 (212)
基于点云数据的单木三维建模研究	李 庆 崔云健 曹媛媛 钱 瑶 (217)
基于激光点云数据的表面积测定方法研究	葛鲁勇 张 莉 陈美如 秦 宇 (223)
基于三维激光扫描的地铁车站外挂 PC 板检测	焦明连 王鹏辉 岳 铁 董洪鹏 谢 洋 刘 煜 朱 鹏 (229)
利用背负式移动激光扫描系统测绘地下停车场平面图试验研究	陈岳涛 谢宏全 赵 芳 胡 维 李 庆 卢 霞 (235)
利用激光点云数据的多方法求取体积对比试验研究	谢宏全 陈岳涛 赵 芳 赵 亮 (239)
三维激光扫描技术在考古中的展开应用研究	陈 周 (245)
参考文献	250

第一篇

全球定位系统

GPS 技术在矿区地面沉降与地裂缝监测中的方案设计

杨欣坤

(淮海工学院测绘与海洋信息学院)

摘 要 地面沉降与地裂缝作为地质灾害的一种,严重影响人类生产和生活。本文针对内蒙古色连煤矿地形图,提出利用 GPS 技术来代替传统全站仪地面沉降监测,并给出了比较具体的方案设计,可以有效提高作业效率与精度,减少人工与费用,在 GPS 技术应用到矿区有指导和借鉴作用。

关键词 GPS;地面沉降;地裂缝;监测

地面沉降与地裂缝作为地质灾害中的一种,区别于崩塌滑坡,它是大地岩土体在自重应力场(或者构造应力场的加入)条件之下垂向变形破坏以及向深部排挤或者潜伏空间方向的运动。

传统的地面沉降观测利用精密水准仪来测量,其测量过程时间长,耗费人力物力,而且观测误差与粗差较大。

GPS 技术的广泛应用是未来测绘发展的一种趋势。它高效灵活的作业方式,不受光线视觉影响的灵活性,对于时间方面高精度的分辨率,是被人们广泛推崇的理由之一。所以将 GPS 技术合理有效地应用到矿区甚至是城市中,尤其是在灾害的监测和预防这些方面,是更被国际所认可的。

本文以内蒙古色连煤矿为实例进行研究,提出了 GPS 技术的布网方案与数据处理方法,对我国 GPS 技术在煤矿领域的广泛应用具有指导和借鉴作用。

1 GPS 网的布设

针对内蒙古色连煤矿地质条件,工作面倾向长壁后退式综合机械化采煤法,全部垮落法管理采空区,工作面平巷内还有淋水现象。所以点位的选择,要保证各个测点的位置地势地质都比较稳定,而且周围比较开阔,离矿区生产生活地带有适宜的距离,并且使得这些测点的分布点扩散开,保证能够很好地监测和反映矿区的各类特征。通过这样的点位布设方法,既可以保证监测网的精度达到要求,还能够使得最后得到的成果数据质量不出问题。顺带之中,各种误差的干扰都会降低,比如多路径效应的影响,或者电台高压线之类带来从干扰源带来的影响。

观测时间的选择应根据各地的气候,选择雨雪较少的季节。内蒙古地区 10 月份气候适宜,比较适合观测。

设计采用布设三个等级的 GPS 监测网,逐级观测,这样得到的色连煤矿地面沉降与地裂缝监测的成果,会是可靠性足够高,精度足够符合要求的。

在测区进行观测时,要保证拥有 4 台双频 GPS 接收机可以同时使用,然后按照监测网的等级,一级一级监测,并且都采用静态相对定位测量,使用边连式的同步检测网形式。而

且从一级网监测直到三级网结束,都要保证两个国家级的控制点始终在各级监测网的范围中,当作连续跟踪点,便于数据处理。

每一级的 GPS 网监测,都要分多期进行,相对应为 6 期,具体观测时间随工作面进度进行,有足够的现实数据来分析研究地面的变形情况。

而且在逐级布网的同时,在进行下一级 GPS 监测的时候,要始终保证上一级主要点位的连续观测,控制点要一级比一级重要,不能有遗漏误测。

1.1 一级网(GPS 监测基准网)

GPS 监测基准网,作为监测地面沉降的基准,该网由 3 个相对稳定的 GPS 基准点构成,分别为:JZ01,JZ02,JZ03。并需要以两个国家级已知控制点为一级基准网的起算点,分别命名为 GJ01、GJ02。

精度要求按照《全球定位系统(GPS)测量规范》,一级网精度要达到 B 级。

GPS 一级基准网由 3 个三角形的边连网构网方式组成。一级网用 3 台静态 GPS 接收机静态同步观测 3 个时段,每个时段观测不低于 2 小时。

观测点分别定为:第一时段,GJ01,GJ02,JZ01;第二时段,GJ01,JZ01,JZ02;第三时段,JZ01,JZ02,JZ03(等边三角形精度更高)。

其中,GJ01 和 GJ02 为 2 个已知点,JZ01、JZ02 和 JZ03 为 3 个未知点。

1.2 二级网(GPS 沉降监测基本网)

GPS 沉降监测基本网,分别在地表移动盆地主断面周围设立 10 个监测点,分别为:JC01,JC02,JC03,JC04,JC05,JC06,JC07,JC08,JC09,JC10。这 10 个点用来监测工作面上的沉降情况,该网附和在 GPS 监测基准网上。

精度要求按照《全球定位系统(GPS)测量规范》,二级网精度要达到 B 级。

GPS 二级监测网由 5 个以上四边形的边连式构网方式组成。二级网需要用 4 台静态 GPS 接收机静态同步观测 5 个以上时段,每个时段不低于 1 小时。(具体时段安排根据实际需要确定)

已知点:GJ01、GJ02、JZ01、JZ02、JZ03。

未知点:JC01、JC02、JC03、JC04、JC05、JC06、JC07、JC08、JC09、JC10。

仪器装备以及操作与上述一级网布设需要的基本一致,具体变化实际操作中改动。

1.3 三级网(地裂缝监测网)

地裂缝监测网,它的布设和监测效果与上述网型是基本一致的,但是由于地裂缝和地面沉降又有一定的区别,所以在布设这样的监测网时,要注意选择特点明显、容易辨别的地带。与此同时,在选择监测线上,在首尾处布设好 GPS 点,要保证明确反映此处地理位置形态变化。

GPS 三级监测网可以由 4 个四边形的边连式构网方式组成。三级网需要用 4 台静态 GPS 接收机静态同步观测 3 个时段,每个时段不低于 30 分钟。

2 数据处理

按照静态相对定位测量方法获得的数据,按照普通的数据处理方法,精度是达不到 mm 级别的。所以,想要达到足够高的高程精度,就要对数据处理软件和方法提出更高的要求。所以推荐使用 GAMIT 这一款 GPS 基线处理软件,它是由美国 MIT 和 SIO 共同研发出来

的高精度处理软件。它采用双差观测值解算,可以把精度提升到 mm 级别,然后配合上 IGS 精密星历,足够处理矿区地面沉降的数据。

为了保证监测成果能够符合要求,精度是重中之重的一个方面。它就相当于我们在基线解这一金字塔的底座,也就是基础。为了使得底座稳固,我们就要采取相应的措施和手段,来保证最后的成果通过 GAMIT 软件后,完整显示监测成果。

其中,卫星钟差的模型改正使用国际 IGS 站提供的卫星钟差参数;卫星星历采用 IGS 提供的卫星精密星历;根据伪距观测值计算出接收机钟差进行钟差的模型改正;电离层折射延迟用 LC 观测值消除;利用实测干湿温和气压数据作为依据,改善对流层模型;接收机天线相位中心改正采用 GAMIT 软件中的设定值;参考框架为 ITRF00 框架,惯性框架采用 J2000;解算模式为基线解。利用这种软件,GPS 监测网的基线解算精度可以达到毫米级,相对精度在 $10^{-8} \sim 10^{-7}$ 。

2.1 基线解算

采用 GAMIT 软件与 IGS 精密星历。

解算前的准备:

(1) 天线高检核,而且根据 GAMIT 的要求,列出并且仔细检查天线高,包括它的类型和测量方式。

(2) RINEX 格式转换。

(3) 数据归类。要以时段号建立目录,然后将相同一时段不同测站的数据复制到这个目录下。每测站两个文件,观测数据 o 文件和观测星历 n 文件。

(4) 精密星历下载。

解算结果中,标准化方根误差 NRMS 用来表示单时段解算的基线值偏离其加权平均值的程度,是从历元模糊度中解算得到的残差,其计算公式如下

$$NRMS = \left[\left[\sum_{i=1}^n (Y_i - Y)^2 / \sigma_i^2 \right] / N \right]^{1/2}$$

一般情况下,该值越小,精度越高;反之,精度越低。由一般经验,它应该小于 0.3。

整个网的重复精度可以用固定误差和比例误差两个部分来表示,公式如下:

$$\sigma = a + bD$$

基线分量重复性精度指标是 σ ,分量的固定误差为 a ,相对误差为 b ,基线长度为 D ,由分量重复性进行的固定误差与比例误差的直线拟合可以得到。

根据 GPS 的测量规范,判断基线网的精度达到了几级,由此可见设计是否合理,基线解算是否准确,是否满足现实沉降监测需要。

2.2 网平差

在完成了对 GPS 监测成果的基线处理以后,还需要对相应的数据进行更加精确的处理,也就是监测网平差。通过这种平差,就可以直接求出各个点位的坐标。而且,通过这样的平差处理后,点位坐标高要求的准确性以及高精度才是标准。当然,在实际的运用中,对数据进行各种平差的方法不同,以及数据处理时相应的已知要求的需求不同,往往导致最后得到的结果不尽人意,不是最完整的变形数据。

通过对监测网进行平差处理,就可以得到各个监测点的精确坐标。通过这种解算方法,可以把观测中的误差进行最大化的缩减,可以明显消除不必要的误差;而且通过相应的计算

方式,会使得最终得到的点位坐标精度达到要求,还可以使成果坐标结合本来的 GPS 网进行专业的处理,并再次对 GPS 网的质量成果进行检测。最后还可以结合相对应的平面要求,进行一定的分析。

首先进行基准网的整体无约束平差,来获得高精度绝对位置基准。得到基准点坐标以后,然后对监测网进行平差。在 WGS84 坐标系,根据我们对基准点的稳定性分析,要选取稳定不变的点来作为 GPS 变形监测网中的固定参考点。

在检验后,稳定性均需要满足。固定了基准点方向后,在 WGS84 坐标系之下的高斯平面上进行约束平差。得到 GPS 网的最大异步环闭合差、最小值、均值,以及是否小于设计允许值,精度较高,满足设计要求。垂直方向的精度会稍微有点低,原因有可能是天线高方面存在误差,或者电离层、多路径效应等等的影响。

GPS 监测成果与水准监测成果互差均需要小于 1cm,如此才能保证两者的成果具有很好的 consistency,而且需要从成果判断出 GPS 是否可以用来监测矿区地面沉降与地裂缝的变化。

3 结语

本文通过对 GPS 技术在矿区地面沉降与地裂缝监测方面应用的分析,总结了对于地面沉降利用 GPS 技术来进行监测与数据处理的可行性。尤其是在基线解算和网平差方面,采用高精度处理软件(如 GAMIT),就可以实现 GPS 技术在沉降监测方面的成果应用。高效利用 GPS 技术,可以定期对地面沉降和地裂缝的数据进行更新,为矿区科学合理的发展提供保证,并为矿区人民的生命财产安全提供保障。

浅谈精密单点定位技术的创新应用

李进军

(淮海工学院测绘与海洋信息学院)

摘 要 本文介绍了精密单点定位技术的基本原理,分析了目前国内外应用现状及其在海洋、陆地测量中的应用,讨论了该技术在海洋控制测量、无验潮水深测量和在变电站、电厂等控制测量中应用的优势,展望了未来精密单点定位技术的发展趋势。

关键词 精密单点定位;海洋测量;水深测量;控制测量

众所周知,全球定位系统具有可全天候作业、测量精度高、观测时间短、测站间无须通视、仪器操作方便等特点,已被广泛应用于水利、交通、电力、海航、物探等多个领域,可满足不同精度要求的用户。传统的 GPS 单点定位法具有作业灵活、方便、快捷的优点,但由于只利用测码伪距观测值及由广播星历所提供的卫星轨道参数和卫星钟差改正进行定位,其定位精度只能达到 10 多米(P 码单点定位精度约为 3 m),故只能应用于一般的导航定位、资源调查和勘测等低精度领域,而无法满足高精度作业要求。为了进一步提高定位精度,GPS 实时动态差分定位技术便应运而生,使定位精度达到了 cm 级。然而由于差分技术是通过空间相关性将部分参数或误差通过站间和星间求差来消除的,必须在已知站上进行同步观测,并且作业距离最大不超 15 km,严重影响了作业效率。因此,如何将传统 GPS 单点定位的灵活性与差分 GPS 技术的高精度定位有机结合起来成为人们研究的热点。于是近年出现了 GPS 精密单点定位技术,实现了仅用 1 台 GPS 接收机进行单点定位就能达到差分技术相似精度的要求。

1 国内外研究现状

1997 年,美国喷气动力实验室(JPL)的 Zumberge 等首先提出了精密单点定位(PPP)的研究思路,并利用国际 GPS 服务(IGS)精密星历和 GPS 跟踪网的数据确定 5 秒间隔高采样率的精密卫星钟差。单站定位方程中,将对流层参数、接收机钟差和测站三维坐标作为待估参数,进行了实验,取得 2 小时连续静态定位精度达 1~2 cm、事后单历元动态定位精度达 2.3~3.5 dm 的结果,用实际数据验证了利用非差载波相位观测值进行精密定位的可行性。Kouba 系统地建立了非差精密单点定位的模型,分析了卫星星历和钟差、电离层延迟、对流层延迟、多径和接收机噪声、相位翻转和卫星天线相位中心偏移等误差及其处理方法。此后,众多学者为了改善定位精度和收敛性能,进行了诸多尝试和改进。

首先是卫星精密星历和钟差产品的研究。高质量的卫星精密星历和钟差产品可改善定位精度,提高收敛速度。

其次是精化模型。Simon Banville 提出了改善信号中断后收敛性能的快速周跳修复方法。Hu Congwei 比较和评估了动态精密单点定位技术的各种模型和滤波算法,模型包括

非差、卫星差分、时间差分和时间卫星差分,滤波算法分析了 Kalman 滤波和非 Kalman 滤波。

再次是与其他系统的融合。将精密单点定位技术与网络 RTK 技术集成可改进定位精度和性能,尤其能减少收敛时间。

然后是恢复模糊度的整周特性(近些年的研究热点)。非差载波相位模糊度本身具有整数特性,但由于卫星和接收机初始相位以及硬件延迟未知,在实际数据处理过程中,小数相位偏差(FCBs)被非差模糊度吸收,使得实际的非差模糊度不具备整数特性。

最后是电离层延迟约束辅助。恢复非差模糊度的整数特性,进行模糊度固定可以提高解算精度,一定程度上加快收敛速度,但距离实时应用仍有较大差距。李星星使用非组合精密单点定位技术,将电离层延迟作为参数进行估计,并利用电离层延迟的时空变化特性叠加约束,以及全球约 80 个参考站估计的电离层格网模型进行辅助,将精密单点定位技术收敛时间由 30 分钟压缩到 20 分钟以内。葛茂荣、李星星等利用区域参考站网络辅助改正电离层延迟,参考站站间平均距离 60 km 时,插值得到斜向电离层延迟改正精度为 2 cm,应用电离层延迟辅助改正后,可以立即确定模糊度,模糊度固定解的精度为 3~5 cm,与网络 RTK 性能接近。涂锐利用单个基准站提供的改正信息对流动站的单频观测值数据进行改正,单频 PPP 的收敛速度和定位精度都有很大提高。

2 精密单点定位技术的原理

利用国际 GNSS 服务组织 IGS 提供的或计算的 GPS 卫星精密星历和精密钟差,用户利用单台 GPS 双频双码接收机的观测数据,在数千平方米乃至全球范围内的任意位置实现实时的或事后的高精度定位,这一定位方法称为精密单点定位,如图 1 所示。这一概念最初是由美国喷气推进实验室等提出并在他们开发的数据处理软件 GIPSY 上予以实现。在 GPS 定位中,主要误差来源于轨道误差、卫星钟差和电离层延时等。采用双频接收机,可利用 LC 相位组合,消除电离层延时的影响,定位误差只有轨道误差和卫星钟差两类。再通过 IGS 提供的精密星历和卫星钟差,利用观测得到的相位值精确计算出接收机位置和对流层延时等信息。在 GPS 相对定位中,特别是在基线比较短的情况下,差分组合观测值可以消除大多数共同误差。而在精密单点定位中,必须顾及所有误差来源,如固体潮影响、海潮影响、天线相位中心改正、相对论改正、弯曲改正等都需用精确数学模型加以改正,从而获得精确的接收机位置。精密单点定位要达到 cm 级定位精度需有以下两个前提:

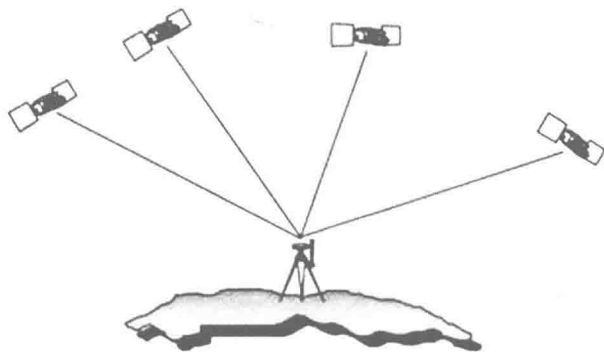


图 1 精密单点技术定位原理

- ① 卫星轨道精度需达到 cm 级水平;
- ② 卫星钟差改正精度需达到亚 ns 量级。

目前 IGS 提供的后处理精密星历精度已达到 2~5 cm,精密卫星钟差精度已达到 0.1~0.2 ns,从而保证精密单点解算可以获得 cm 级定位精度。

3 精密单点定位技术的优缺点

精密单点定位采用非差观测值模型,可用观测值多,保留了所有观测信息;能直接得到测站坐标;不同测站的观测值不相关,显然误差也不相关,测站与测站之间无距离限制。其不利之处是未知参数多;无法采用站间或星间差分的方法消除误差影响,必须利用完善的改正模型加以改正。整周未知数不具有整数特性。

RTK 采用双差模型观测模型,其重要优点是消除卫星钟差、接收机钟差的影响。对于短基线情况,可以进一步消除电离层和对流层延迟的影响,整周未知数具有整数特性。RTK 的缺点是观测值减少且相关必须至少在一个已知站上进行同步观测才能求解测站坐标。

采用精密单点定位技术,利用单站 GPS 就可以达到几个厘米的精度,即传统 RTK 的精度,其作业不受作业距离限制,不需要基准站支持。这无疑大大提高了高精度定位作业的灵活性,降低了作业成本。因此,精密单点定位技术在 RTK 作业盲区、精密海洋工程测量、海岸线测量、海洋测量、大面积航空摄影测量、土地测量(开发造地、土地整理)等方面具有较广泛的应用。

4 精密单点定位技术的应用

4.1 在海洋测量中的应用

在海洋测量中,由于对定位精度要求越来越高,而且许多测量区域远离大陆,无法建立基准站或组网观测,传统的差分定位方式已经不能满足海洋测量的需求,精密单点定位技术被逐渐应用于海洋测量中。海洋控制测量是对沿岸和海岛礁上布设的大地控制点或地形测量图根点而进行的测量,是海洋大地测量的重要内容。目前海洋控制测量一般是在控制点架设 GPS 设备,利用已知控制点和未知控制点建立 GPS 控制网进行测量,测量和数据处理方式同陆地控制网基本相同。为了验证精密单点定位技术在海洋控制测量中应用的可行性,分别利用实测数据,对精密单点定位技术在沿岸控制测量和海岛礁控制测量中的定位结果进行分析。在海域及其海岸带进行与位置和方向有关的测绘活动(宗海图测绘、海籍界址点测量)需要进行海洋控制测量,包括利用国家沿海无线电指向标一差分全球定位系统(RBN/DGPS),定位也需要海洋控制点检验其准确性。由于海岸带是地面变化无常的特殊地理区域,沿海各地围海、填海活动更是呈现出速度快、面积大、范围广的发展态势。围海造地在带来经济效益的同时,也带来了海岸线地形地貌急剧变化和道路、建构筑物拆迁破坏等一系列严重问题。这也直接导致沿海永久性测绘基础设施存在的实际条件发生变化,测绘基础设施的服务年限和更新周期不断缩短,而常规的技术手段基本没有足够的维护与管理测量控制网系统的能力,急需快速重构服务技术体系满足沿海大开发实际需求。因此,需构建一种实时的测量制网点快速重构服务的技术体系。精密单点定位技术可以提供一种 cm 级精度,准实时的、独立的、可靠的、灵活的、可自检的海岸带测量制网点快速重构服务的技

术体系,比其他任何卫星定位技术都有明显优势。

在海岸线测量工程中,基于连云港 CORS 数据链,采用 GPS 网络 RTK 实时动态测量技术,虽然可以获得三维坐标方向上的厘米级精度的数据,比较传统 RTK 技术,它的作业覆盖范围大大增加,能显著提高测量效率。但是沿海岸线通信基础设施较差,数据链可靠性一般低于 70%,大大影响了作业实际效率。精密单点定位技术在海洋测量工程中可以弥补通信条件比较差的区域环境定位测量。

4.2 在无验潮水深测量中的应用

水深测量是测定水面至水底垂直距离,获取一系列点位水深分布,为编制海图、海底地形图、各类专题图和建立空间基础地理数据库提供数据的工作,是海道测量和海底地形测量的主要作业内容之一。除了测深仪等测深设备的影响外,潮汐、吃水、声速、涌浪等各项改正的偏差是水深测量成果的主要误差来源。随着水深测量装备的不断改进更新,声速改正对水深测量成果误差的影响已经越来越小,水深探测所要估计的最大影响因素就是海洋潮汐、涌浪和动态吃水的影响。一般情况下,消除这些影响的方法就是在一定基准控制下对测深数据逐时逐点进行水位改正,因此,包含潮汐、涌浪和动态吃水在内的综合水位改正误差已成为影响海洋深度测量的主要误差。水位改正是将测得的瞬时深度转化为一定基准上的较为稳定数据的过程,在海洋测量中比较常用的基准是采用当地深度基准面,我国目前法定的深度基准面是理论深度基准面。在水深测量作业中,合理地布设验潮站进行水位观测是一项必不可少的工作。现有技术条件下,水位观测主要有三种作业模式:一种是设立人工观测验潮站,进行传统的人工验潮水深测量;另一种是抛放自动验潮仪,进行自动潮位观测;第三种是利用高精度的卫星测高技术进行无验潮水深测量。随着海洋测量的不断发展,无验潮水深测量已逐步取代传统的人工验潮成为水位观测的主要手段。与传统的人工验潮相比,无验潮水深测量具有无须人工验潮作业,能有效消除船只动态吃水改正和涌浪等因素对水深测量的影响以及测量精度高、测量海区范围大等优点。在无验潮水深测量中,求解全球卫星导航系统大地高,是无验潮水深测量的重要环节,随着全球卫星导航系统定位技术的深入发展和全球导航卫星系统数据处理技术的不断进步,全球卫星导航系统定位设备在海洋测量的各个领域得到了广泛而深入的使用。差分定位技术是目前无验潮水深测量的主要定位技术,但由于差分定位的有效作用距离有限,而且差分定位需要两台以上的接收机才能进行定位作业,增加了测量的成本,因此使得精密单点定位技术在无验潮水深测量中的应用成为可能。

4.3 在变电站、电厂等控制测量中的应用

近年来我国大力兴建电力工程,特别是风能、太阳能等环保型可再生能源的发电工程。一般,在科研阶段要求测量人员测设所需比例尺地形图,并建立与国家坐标系相一致的测区控制网。现在电力工程一般都工期紧、难度大,特别是云南山区的风电场测量,测区处于高海拔、无人烟地区,条件相当艰苦。为降低测量人员劳动强度,可在建立测区 GPS 控制网时免去寻找国家控制点,而采用精密单点定位技术为测区控制网提供起算坐标。为不影响工程进度,可不按常规数字化测图流程:“先控制(包括联测国家坐标系)后碎部”,而是先按照假设坐标系布设测区控制网和数字化测图,同时进行控制网起算点的 GPS 精密单点定位解算。待获知控制网起算坐标后,经检验合格重新平差测区控制网,然后根据控制网现有控制点对假设坐标系下的地形图进行旋转、平移和缩放,即可获得与国家坐标系相吻合的数字化