

GPS-RTK 技术在打桩船中的应用研究

蔺胜永¹, 王美峰¹, 倪培德², 李翔³

(¹ 昆山开发区建设工程检测有限公司, 江苏 昆山 215300; ² 苏州工业园区测绘有限责任公司, 江苏 苏州 215021;

³ 江苏省基础地理信息中心, 江苏 南京 210013)

摘要 详细介绍了 RTK 技术在打桩船中的应用, 分析其可以达到的精度, 通过大量的实验和测量数据统计, 论证 RTK 使用过程中的注意事项, 得出减小其定位误差的较好方法。

关键词 RTK 海上打桩定位 坐标转换 精度分析

中图分类号: P228.4

文献标识码: B

文章编号: 1672-4097(2011)06-0019-03

1 前言

随着国家经济的发展, 大型土建工程不断涌现, 水上桥梁工程也不断增加, 在远离海岸的深水码头和跨海、跨江大桥的桩基工程中, 传统的采用经纬仪交会或全站仪定位法已不适合在远离海岸的水中施工。目前, 杭州湾大桥、东海大桥及渤海湾大桥等大型跨海大桥已经使用 RTK 技术进行海上桩位的实时精密确定。RTK 技术所达到的 15 km 范围内厘米级的精度完全能够满足海上打桩定位的要求, 并能提高定位效率和加快施工速度。其次, 在桥梁承台浇注的初级阶段, 同样可以使用 RTK 进行放样, 当首件承台浇注完毕后再与控制点进行长时间静态观测, 检验其精度, 以方便快捷的指导施工。

2 GPS-RTK 的基本组成及工作原理

RTK 系统由基准站和流动站组成, 如图 1 所示, 系统基本组成为两台及两台以上的 GPS 接收机和天线, 相应个数的数据通讯电台(其中一台用于发射), 与流动站个数相同的测量控制器或便携机, 用于陆地测量的便携工具或用于水上测量的仪器设备、电源设备以及动态测量软件等^[1]。

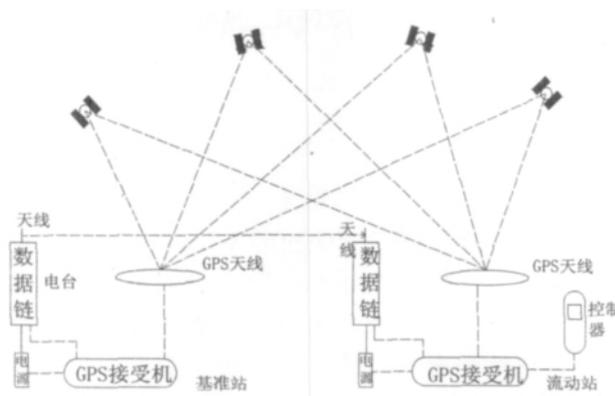


图 1 RTK 组成及工作原理

基准站在接收 GPS 信号并进行载波相位测量的同时, 通过数据链将其观测值、卫星跟踪状态和测站坐标信息一起传送给流动站; 流动站通过数据链接接收来自基准站的数据, 然后利用 GPS 控制器内置的随机实时数据处理软件与本机采集的 GPS 观测数据组成差分观测值, 进行处理, 实时给出待测点的坐标、高程及实测精度, 并将实测精度与预设精度指标进行比较, 一旦实测精度符合要求, 电子手簿将提示测量人员记录该点的三维坐标及其精度。测量作业时, 流动站可处于静止状态, 也可处于运动状态, 可在已知点上先进行初始化后再进入动态作业, 也可在动态条件下直接开机, 并在动态环境下完成整周模糊值的搜索求解。在整周模糊值固定后, 即可进行每个历元的实时处理, 只要能保持对 4 颗以上卫星的跟踪和必要的几何图形, 则流动站可随时给出待测点的厘米级三维坐标。

3 RTK 技术在打桩船中的应用研究

3.1 打桩船工作原理

在使用 RTK 进行打桩定位时, 不能实现对桩位的直接控制, 定位系统采用分级控制的形式, 即首先由安装在船体上的 GPS 对船体进行定位, 再以船体作为已知参照物, 用安装在船体前端适宜位置上的免棱镜激光测距仪对桩身位置进行测定。从而达到由 GPS 对桩身的控制目的, 如如图 2 所示。

使用 3 台 GPS 仪器的目的是在控制船位的同时, 控制船体纵、横摇摆的倾斜量, 提高对桩的定位精度。GPS 测量获得的是 WGS 84 坐标系统下的结果, 通过七参数坐标转换的迭代算法将 WGS 84 坐标转换至工程坐标系统。在获得各点工程坐标以后需要计算设计高程面桩中心的坐标, 这就要将工程坐标系转换到船固坐标系中。本文介绍一种二次旋转的方法, 将设计高程面上的船固坐标转换

到水平船固坐标系中,然后经过坐标系的平面旋转、平移和高程面的改正归算至工程坐标系^[2]。

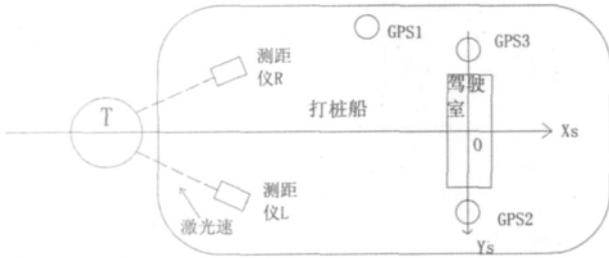


图 2 打桩船平面图

设坐标系 $O-XYZ$ 对应的是三维船固坐标系,假设船体的纵倾和横倾分别为 α 和 β ,考虑船的稳定,这两个参数均为微小量。这样首先绕 X 轴顺时针旋转 β 角,得到坐标系 $O-X'Y'Z'$:

$$\vec{r} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\beta & -\sin\beta \\ 0 & \sin\beta & \cos\beta \end{bmatrix} \vec{r}_1 \quad (1)$$

然后再绕 Y 阵逆时针旋转 α 角得到船体水平坐标系:

$$\vec{r}_1 = \begin{bmatrix} \cos\alpha & 0 & \sin\alpha \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\alpha & 0 & \cos\alpha \end{bmatrix} \vec{r}_2 \quad (2)$$

最后可以通过平移旋转变换与工程坐标系进行相互的转换:

$$\begin{pmatrix} X_p \\ Y_p \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \end{pmatrix} + K \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_p \\ Y_p \end{pmatrix} \quad (3)$$

3.2 影响定位精度的因素及其处理措施

3.1.1 天空可见卫星个数及质量对定位精度的影响

在进行 RTK 定桩前,首先查询该天各时刻在当地可见卫星的个数,选取较好的时段施工。在施工时保证 GPS 周围视野开阔,打桩船尽量远离打桩架^[3]。

3.1.2 周围磁场对卫星信号接收的影响

当打桩船附近有通讯发射塔或高压电线等设备时,容易对 RTK 信号产生较大的干扰,从而影响定位精度。为此,我们在控制点周围铺设了吸收电波的材料,每次架设 GPS 基准站时对所有可见卫星的周跳和信噪比进行实时监测,确定是否存在电磁波干扰。在施工进行时,严格限制高频对讲机等无线电波的使用。图 3 为 2009 年 4 月 15 日 14:30 至 16:30 第 12 号卫星的信噪比检测情况,图 4 为 12 号卫星的周跳探测情况,由对观测文件的伪距和载波相位的分析得出。用双频载波相位相邻历元求差法探测周跳,如差值大于 3 倍组合观测值中误差

的认为存在周跳,根据组合观测值公式^[4]:

$$F = \frac{f_1 L_1 - f_1 L_2}{f_1 - f_2} - \frac{f_1 P_1 + f_2 P_2}{f_1 + f_2} \text{ 可得出 } M_F = 0.346 \text{ m} \quad (4)$$

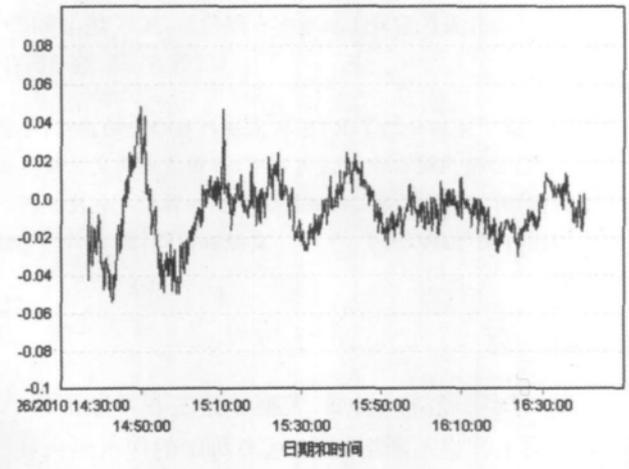


图 3 Prn 12 信噪比残差(竖轴单位 m)

3.1.3 多路径影响

江面上大片的水域所产生的多路径影响是不容忽视的,一般情况下可产生 3—5 cm 的误差,当卫星高度角较低时,这种误差可能超过 10 cm。所以多路径影响是 RTK 技术在水上作业时的主要误差来源,也是较难以消除的影响。常用的解决方法是采用扼流圈天线;剔除卫星高度角较小的卫星;当沉桩系统的偏离值稳定时,重启 GPS 并注意观察偏离值是否发生变动。图 3、图 4 结果表明该时段信噪比良好,无周跳现象产生。

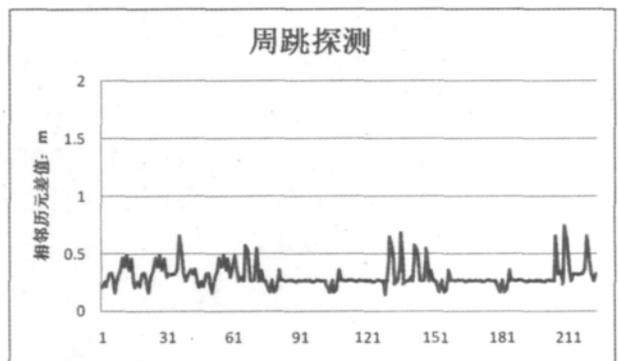


图 4 Prn12 周跳探测(横轴为历元)

3.1.4 坐标系转换中的误差

在获得船上 GPS 接收机的 WGS 84 坐标后,通过七参数法转换至工程坐标系中,此时已知点的选取能否均匀反应整个测区的椭球情况将对转换精度产生直接的影响。所以通常使用多个岸边控制点,采取分别选取,联合迭代平差的方法减少此项误差。

4 精度分析

某大桥在工程建设中,采用 RTK 技术控制钢管桩定位,结果表明偏差均控制在 15 cm 内,在桩顶切割后,及时进行了桩顶复测,南引桥 48JHJ—29JHJ 墩钢管桩的竣工偏位测量,共测量 348 根桩,桩顶竣工偏位 100% 满足标准要求,其中竣工

偏位小于 20 cm 达到 331 根,占已测量桩数的 95.1%。北引桥 49JHJ—56JHJ 墩钢管桩竣工偏位测量,共 96 根,竣工偏位 100% 满足标准要求,其中竣工偏位小于 20 cm 达到 82 根,占已测量桩数的 85.4%,但个别钢管桩的竣工测量偏差接近标准要求。部分代表性钢管桩实测偏位情况如表 1 所示:

表 1 钢管桩竣工精度分析

测设点	设计坐标		实测坐标		坐标偏差 (mm)		高程偏差 (mm)
	X	Y	X	Y	Δx	Δy	ΔH
53 右 2	3511331.581	500097.942	3511331.481	500098.037	-100	95	35
51 左 3	3511241.213	500054.178	3511240.103	500054.328	-110	150	6
52 右 1	3511285.316	500083.159	3511285.214	500083.111	-102	-48	24
56 左 1	3511481.766	500122.453	3511481.785	500122.607	19	154	15
51 右 2	3511234.834	500072.643	3511234.734	500072.759	-100	116	2

5 结 论

GPS 技术在工程项目中的应用越来越广泛,大型工程的控制网建立已经基本上完全采用 GPS 施测,静态相对观测值在平面位置可以达到 1—2 mm 的精度,高程位置可以达到厘米级的精度。RTK 是 GPS 技术的一个发展,实现了厘米级精度的快速定位,整周模糊度的快速确定。在道路、桥梁放样以及水上打桩中得到了广泛的应用,大大地提高了作业效率。但 RTK 技术也有着诸多的缺点,在应用于水上打桩定位时,其定位结果的精度受不同坐标系之间的转换以及多路径效应的影响,因此需要

考察定位全过程中各个因素对定位结果所产生的误差以提高定位精度和施工效率。

参考文献

- 1 潘宝玉,李宏伟. RTK 技术的特点及提高成果精度的技术关键[J]. 测绘工程,2003,12(4):46-49.
- 2 姚连璧,刘春. 打桩定位系统中设备船固坐标的测定和计算方法[J]. 工程勘察,2004,(5):53-54.
- 3 周瑞祥. GPS-RTK 技术在东海大桥桩基施工中的应用[J]. 铁道勘察,2004,(1):59-62.
- 4 许友清,朱风云. GPS-RTK 技术在苏通大桥陆域范围定测中的应用[J]. 现代测绘,2005,28(3):22-23.

Application Research of GPS-RTK Technology in Piling Barge

Lin Sheng-yong¹, Wang Mei-feng¹, Ni Pei-de², Li Xiang³

(¹ Kunshan Development Zone Building Construction Material Testing Co., Ltd, Kunshan Jiangsu 215300, China; ² Suzhou Industrial Park Survey Co., Ltd, Suzhou Jiangsu 215021, China; ³ Jiangsu Provincial Geomatics Center, Nanjing Jiangsu 210003, China)

Abstract RTK technology is described in detail in the application at floating pile driver. By continuous experimentation and measurement data we analyse the accuracy it can be achieved, and proved some better methods that can reduce positioning errors.

Key words RTK; offshore piling positioning; coordinate transfer; accuracy