

GPS - RTK 技术在东海大桥桩基施工中的应用

周瑞祥

(中铁大桥勘测设计院, 湖北武汉 430050)

Application of the GPS-RTK Technology in the Pile Foundation Construction of Donghai Bridge

Zhou Ruixiang

摘 要 介绍 GPS - RTK 技术在东海大桥桩基施工定位中应用的基本情况。在对定位误差来源进行分析的基础上,提出了相应的技术措施。

关键词 GPS - RTK 东海大桥 桩基施工

1 概述

正在修建的洋山深水港(一期工程)东海大桥工程的起点位于上海市南汇区芦潮港镇,北接沪芦高速公路(在建)至上海市区,向南跨越杭州湾北部海域,直达浙江省舟山群岛的小洋山岛。它将是上海国际航运中心洋山深水港区的陆路集装箱疏运通道,同时将担负满足从上海本土向港区供水、供电、通讯等多项任务。

东海大桥全长约 31.5 km,由陆上段、海上段、港桥连接段 3 部分组成。其中海上段除 4 个航道桥(一主三辅)外,均为非通航孔,海上段总长约为 25 km,均采用打入桩基础。东海大桥设计基准年限为 100 年,工程质量要求高,相应地对施工测量也提出了很高的要求。由于大桥跨越宽阔的海域,传统的测量定位方法不能满足工程质量和进度的需要,因此在东海大桥桩基施工中,充分利用了先进的 GPS - RTK 技术,建立海上 GPS 打桩定位系统,取得了良好的经济技术效果。作为本工程的施工测量监理,仅就该系统的实际应用情况做一简要介绍。

2 海上 GPS 打桩定位系统的基本原理

RTK 技术是一种实时载波相位差分定位技术,是

实时处理两个测站载波相位观测值的差分方法。工作中,将 1 台 GPS 接收机安置在基准站上进行观测;利用基准站电台把基准站已知的精密坐标和采集的载波相位发送到流动站,在流动站进行求差解算坐标。

GPS 接收机是不能对桩身进行直接定位的。在东海大桥中采用如下方法进行控制:首先由安装在船体上的 GPS 仪对船体进行定位;然后,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测定桩身位置。因免棱镜激光测距仪与 GPS 天线的位置是固定联系的,从而达到由 GPS 对桩身的控制目的,使“系统”获得厘米级的定位精度。打桩系统组成如图 1 所示。

“系统”对船体的控制采用 3 台 GPS 仪器,目的之一是在控制船体的同时,控制船的姿态,即船体纵、横摇摆的倾斜量。在数学模型中,对因船体姿态的变化所引起的定位计算误差加以改正,以进一步提高对桩的定位精度。另一个目的是增加 GPS 坐标的多余观测,通过 3 台 GPS 天线位置的相对固定关系,有效地检查和校核 GPS 观测数据的正确性。

“系统”对桩顶标高的测定是采用高程比较法来实现的。即在打桩架下龙口的开孔窗中间置一水平横丝,水平横丝的实时高程由 GPS 实时高来推算,观测人员通过安装在水平横丝后侧的摄像机观测桩身刻划线的读数,并输入到计算机中,由计算机根据接收机收到的数据计算出桩顶的实际高度,从而实现在打桩过程中对桩顶标高实时、连续和动态的监测。

3 实际应用情况

收稿日期:2003 - 12 - 30

作者简介:周瑞祥(1970—),男,工程师,1993年毕业于同济大学测量系。

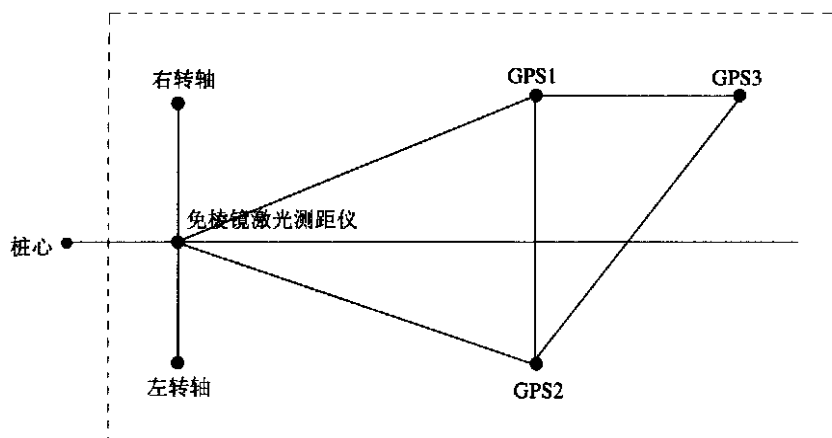


图 1 海上 GPS 打桩定位系统

3.1 参考站的设立

东海大桥首级控制网由芦潮港老大堤的两个基岩点 L_1 、 L_2 和岛屿端小洋山上的 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 共 5 个点组成。

根据参考站距离流动站不得超过 15 km 的要求，

我们在海上(桥轴线附近)布设了 A、B、C 三组测量平台,每组测量平台上布设 1 个加密控制点,设立基准站。由布设在 3 个测量平台上的 3 个基准站就可以完成全桥范围内的桩基施工定位。

参考站布设情况见图 2。

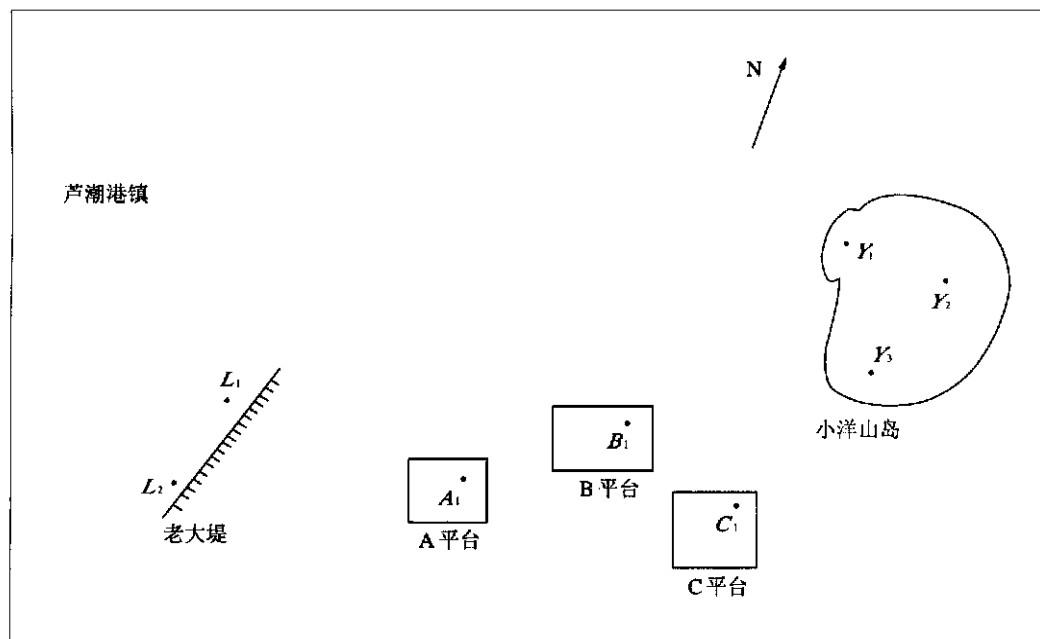


图 2 东海大桥首级控制网参考站布设示意

3.2 主要误差分析

通过对东海大桥海上沉桩过程的全面了解和分折,可归纳出海上 GPS 打桩定位系统的定位误差主要来源于以下几个方面:

(1) 测量本身的误差:GPS - RTK 技术的测量精度就是 ± 30 mm;

(2) 环境的干扰:GPS 测量中,天空卫星信号和基

准电台台信号,都是通过某种频率的无线电传播的,容易受到干扰及周围环境的遮挡;

(3) 有“假锁定”现象:在 RTK(载波相位差分)状态中,得到了整周未知数,出现 Fixed 固定解,表面上能够进行打桩施工,但是整周未知数是假的,显示的位置数值是不正确的;

(下转第 62 页)

的现象,图幅中的错误或问题,在未得到纠正、修改或解决的情况下,就进入下一道工序,结果带来大量额外工作量,长期以来严重影响了下工序的工作热情,造成不同程度的窝工或返工。生产和质量管理部门除做好数字化地图生产过程中的进度协调和各环节质量鉴定等工作外,定额管理部门还要明确数字化地图生产系统的组成范围和层次,画出流程图,经过定量分析研究和试生产,给出数量、质量和经济指标。如采编技术规定、完成的工天、经济效益等,都应在系统工程实施过程中注意信息反馈和控制。

4 重视软件的深层开发

高新技术的应用是测绘生产单位提高经济效益的新手段,技术革新是知识密集型企业降低成本的突破口。近几年为了充分发挥先进设备的优势,挖掘潜力,我们对原有软件,进行多次开发,由此成倍地提高了工作效率。但现有专业软件中仍有许多地方,还远远不

能满足实际生产需求,这就需要我们加大软件的深层开发力度,才能满足生产项目的最佳需求。重视软件的深层开发,依靠专业人才的技术革新,为数字化生产在未来的数字化区域占有一席之地打下坚实的基础。

5 加强培训及重视知识更新

现在的测绘制图软件更新非常快,而测绘市场所要求的产品综合质量也越来越高,特别是我国加入 WTO 后,我们不仅要满足国内测绘市场的要求,还要不断满足国际市场的需求。因而加强职工的培训,更新其知识,提高职工的综合技能是非常重要的。一方面可以对基层作业人员进行各种类型的内部培训;另一方面,可以选派业务骨干和特殊人材出去,参加高层次的专业培训和知识讲座,学成归来必在专业群体中大力宣传,使员工及时了解专业领域的发展动态,想一切办法自觉学习高、精、尖的业务知识,从而迎接测绘市场中新的、更高层次的挑战。

(上接第 60 页)

(4) 施工本身所带来的误差:电脑操作员与前方沉桩的作业人员之间配合不够默契以及各种操作程序不到位所引起的误差是不容忽视的。

3.3 提高定位精度的主要措施

(1) 在沉桩定位时,严格限制高频及对讲机等无线电波的使用,避免它们对 GPS 信号产生的不利影响,以提高 GPS 本身的定位精度。

(2) 加大 GPS 接收天线与打桩架的距离,增强 GPS 卫星信号的接收效果,提高了定位精度。

(3) 应在沉桩定位系统测定的偏差值(显示在电脑屏幕上)相对稳定后,再进行沉桩。这样可以排除“假锁定”现象,确保沉桩的位置精度满足施工要求。

3.4 定位测量结果分析

到目前为止,东海大桥共完成了沉桩 4 000 多根,我们使用徕卡 GPS SR530 双频接收机(标称精度为 $5 \text{ mm} + 1 \times 10^{-6}$),对其中 1 018 根桩进行桩位检测。

检测结果与设计值对比情况见表 1。

根据桩位偏差不得超过 300 mm 及偏差超限不得超过 30 % 的规定(港工规范之斜桩),从表 1 数据可以看出 GPS RTK 技术在沉桩中的使用情况良好,桩位误差符合设计及相应规范要求。

表 1 沉桩桩位误差检测结果

桩位误差/mm	桩数/根	桩数比例/%
< 100	310	30.5
100 ~ 200	417	41
200 ~ 300	200	19.6
> 300	91	8.9
合计	1 018	100

4 结论

与传统测量方式比较,这种新型的打桩定位系统具有如下主要优点:

(1) 实现了全天候施工。GPS - RTK 测量不再对光线强度有要求,无论白天黑夜都可以进行测量;

(2) 减少了环境因素的制约。不管刮风、下雨、大雾天气, GPS 都可以进行测量;

(3) 提高了经济效益。在海上施工,利用 GPS 测量大大减少了测量平台的数量,节约了成本;

(4) 提高了沉桩的质量。“海上 GPS 打桩定位系统”能够为沉桩偏位提供精确的数据,实现了数字化沉桩,保证了沉桩的质量。

实践充分证明:海上 GPS 打桩系统在桥梁等水上工程施工中具有十分广阔的应用前景。