



GPS-RTK 技术在水上打桩定位中的应用探讨

黄夏辛

(广州航海高等专科学校航务工程系, 广东 广州 510700)

摘要: 对高桩码头打桩定位方法进行研究, 对传统的打桩定位技术和利用 GPS-RTK 进行打桩定位的方法、精度和效率等进行探讨, 建议利用 GPS-RTK 技术进行水上打桩定位。

关键词: 打桩定位; 经纬仪; GPS-RTK

中图分类号: U 656.1*13

文献标志码: B

文章编号: 1002-4972(2008)06-0098-04

On Application of GPS-RTK for Piling Positioning on Water

HUANG Xia-xing

(Department of Harbor and Tunnel Engineering, Guangzhou Maritime College, Guangzhou 510725, China)

Abstract: Piling positioning method for piled wharf is approached. Traditional piling positioning technique and the method, accuracy and efficiency of piling positioning by GPS-RTK are probed into. It is suggested to adopt GPS-RTK for piling positioning on water.

Key words: pile positioning; theodolite; GPS-RTK

高桩码头是港口水工建筑物的主要结构形式之一。它结构轻, 消浪效果好, 对水域环境的影响较小, 砂石料用量省, 对挖泥超深的适应性强, 适用于可以沉桩的各种地基, 在港口工程领域得到广泛的使用。桩基施工是高桩码头施工最主要的部分, 桩基的定位又是桩基施工的关键, 本文主要从传统的桩基施工定位和利用 GPS-RTK 技术进行水上打桩定位进行探讨, 寻求一种较为满意的水上打桩施工方案。

1 传统的水上打桩定位

传统的水上打桩定位, 首先根据施工码头总平面的布置情况, 设置水上定位基线, 然后再进行测量定位, 一般采用 3 台经纬仪共同进行^[1]。

1.1 基线的布设

先根据已知点进行控制测量, 控制测量可采用

三角测量或导线测量, 建立满足施工区测量精度要求的控制网, 然后在现场布设施工基线, 顺岸方向布置 1 基线, 离岸方向布置 1 基线, 离岸方向一般为水域, 此时可搭设水上测量平台。如图 1 所示的码头标准段桩位布置平面图, 可在现场布置两条基线, 基线 1 和基线 2。

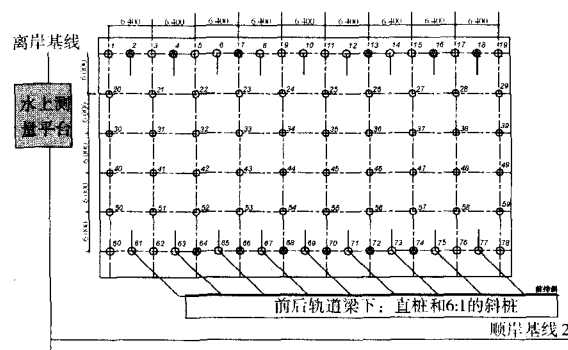


图 1 码头标准段桩位平面布置图

1.2 打桩定位

传统的水上打桩定位一般采用前方交会法,

收稿时间: 2008-01-02

作者简介: 黄夏辛 (1969—), 女, 硕士, 副教授, 从事港航工程教学研究及工程管理工作。

前方交会通常在两个控制点 A , B 上架设经纬仪 (现在很多施工单位采用 1 台经纬仪 1 台前站仪), 理论上可以满足直桩定位的要求, 如图 2。此时有^[2]:

$$x_{p1} = \frac{x_A \cot \beta_1 + x_B \cot \alpha_1 + (y_B - y_A)}{\cot \beta_1 + \cot \alpha_1}$$

$$y_{p1} = \frac{y_A \cot \beta_1 + y_B \cot \alpha_1 + (x_A - x_B)}{\cot \beta_1 + \cot \alpha_1}$$

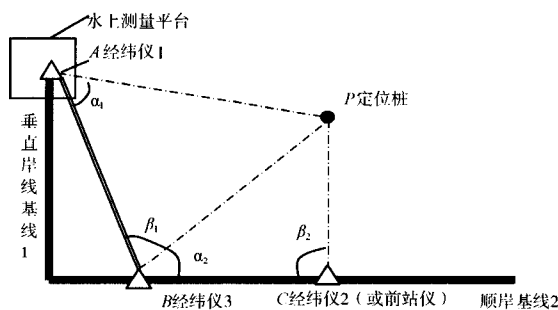


图 2 桩基水上定位示意图

但在实践中, 为了防止观测中可能发生的错误和提高测点的坐标精度, 通常增加 1 台经纬仪对坐标点进行校核 (规范上也对此做了要求), 即在 C 点位置布置 1 台经纬仪, 同时观测打桩船的方向角来进行定位, 如图 2 所示, 则有:

$$x_{p2} = \frac{x_B \cot \beta_2 + x_C \cot \alpha_2 + (y_C - y_B)}{\cot \beta_2 + \cot \alpha_2}$$

$$y_{p2} = \frac{y_B \cot \beta_2 + y_C \cot \alpha_2 + (x_B - x_C)}{\cot \beta_2 + \cot \alpha_2}$$

根据规范规定, 3 台仪器作角度交会时, 所产生的空间误差三角形, 其重心距各三角边距离允许偏差为 ± 50 mm, 如满足图 2, 则说明定位精度满足要求。

1.3 水位的观测

水上打桩定位不同于一般的陆上打桩定位, 因为, 一根 60 m 长的桩施打一般需要 2 h, 在潮汐港口, 一根桩的施打可能会经历涨潮或落潮时段, 打桩船会随着水位的变动而上下浮动, 在打桩船上对桩顶高程进行控制, 那么就要求我们及时掌握潮水的变化, 同时把这一变化传送给打桩船及时调整, 以满足高程定位的要求, 此时需要 1 个人负责对施工水位进行观测, 并把观测水位情况发送给打桩船, 以确定桩顶高程。

1.4 定位过程及打桩控制

根据水上打桩的具体情况, 打桩定位主要步

骤包括: 打桩船移船至桩位附近一桩的粗定位一桩的细定位一桩的精细定位一沉桩过程的平面、高程控制等过程。

一般的水上定位除了采用经纬仪进行水上平面控制外, 尚需要 1 台水准仪观测打桩的进度及最后 10 击贯入度。一般在顺岸方向布置的经纬仪 2 也可以用于观测桩基的沉桩速度和最后 10 击贯入度, 如图 2 所示。

2 用 GPS-RTK 技术进行水上打桩定位

GPS-RTK 技术是卫星定位的方法之一, 理论上可以进行水上打桩的测量定位。由广州南方测绘仪器有限公司生产的灵锐 S82 型 GPS-RTK 动态的技术指标如下^[3]: 独立 24 通道; 跟踪信号为 L_1/L_2 ; RTK 平面精度为 1 cm+1 ppm; RTK 高程精度为 2 cm+1 ppm; 通讯方式为 USB、串口、蓝牙; 数据链为 25 W/15 W (发射功率); RTK 初始化时间为典型 15 s。

由其平面和高程精度可知, GPS-RTK 平面精度达到 1 cm+1 ppm, 高程精度达到 2 cm+1 ppm, 满足《港口工程桩基规范》中水上打桩定位精度的要求^[4], 可以用于打桩定位。

2.1 选用和布设合适的 GPS-RTK 平面和高程控制网点

根据施工现场的作业范围, 选用合适的控制点。用四参数法时, 至少有 2 个已知点, 采用七参数法时, 至少有 3 个已知点 (此时基线的布设仅在顺岸方向布设即可, 不需搭设海上测量平台, 采用已知点的精度对打桩定位的精度有较大的影响)。

2.2 将 GPS 的近似 WGS84 坐标转换为现场桩位点施工坐标

坐标的转换可以采用四参数法进行转换, 也可以用七参数法进行转换, 根据设置的控制点情况选用, 坐标转换可以通过应用 GPS-RTK 的配置软件操作实现。水上打桩定位需要知道高程, 还需对高程系统进行拟合。高程拟合也可以通过应用 GPS-RTK 的配置软件操作实现。

2.3 确定 GPS-RTK 定位点位置

桩架旋转中心与桩架的相对位置关系固定, 且与船的相对位置关系固定, 因此桩架旋转中心

可作为参考点,同时在打桩船接近船尾的位置安装两部或两部以上 GPS (如果只装两部 GPS,则此两部 GPS 与参考点要位于同一直线,如图 4),在安装 GPS 后要测定 GPS 与参考点在船上的相对位置关系,这样测出 GPS 坐标高程后就可以推出参考点的坐标高程,参考点与桩位点之间存在着相对位移,可以通过他们之间的几何关系计算出来,则可以得到精度较高的定位效果。如图 3,则可以对 x_{p0} , y_{p0} 进行改正,即:

$$x_p = x_{p0} + \delta_x$$

$$y_p = y_{p0} + \delta_y$$

式中: x_p , y_p 为桩位点坐标; x_{p0} , y_{p0} 为参考点坐标; δ_x , δ_y 为桩位点与参考点之间的位移。

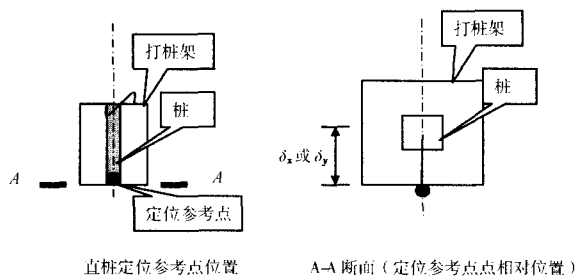


图 3 定位参考点位置的确定

2.4 打桩过程中的监控

在打桩过程中,需同时对高程和对平面位置进行控制,此时一般增加 1 部水准仪对打桩进度和最后 10 击贯入度进行跟踪观测, GPS-RTK 对打桩的平面和高程系统的控制需要贯穿于整个打桩过程。

2.5 用 GPS-RTK 技术有效解决施工打桩中定位的问题

当施工水域离陆地较远地区打桩或定位,采用常规仪器较难定位,采用 GPS-RTK 技术进行后方交会定位则较为方便省事,另外,工程打桩中的斜桩定位,因受水位变化的影响,采用传统方法对斜桩进行定位工序较多,且定位时间较长,但用 GPS-RTK 技术,可以较好地解决这一问题。

此时仍然把打桩架的旋转中心作为定位参考点。除了按以上步骤外,斜桩平面扭角可以通过两部 GPS 坐标进行反算求得。具体如图 4。此时, S_1 , S_2 为已知,通过 GPS1 与 GPS2 可以得到相应的坐标 (X_1, Y_1, Z_1) 和 (X_2, Y_2, Z_2) ,平面控制通过

参考点是 S_2 延长线上的点,且 S_1 为已知,即可通过它们之间的几何关系求得,高程控制通过 Z_1 , Z_2 与 Z_3 之间的关系求得。

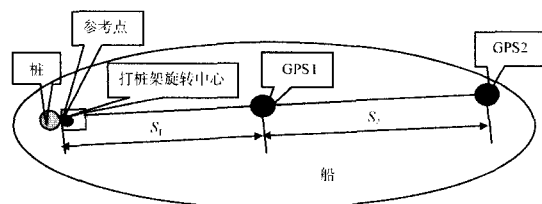


图 4 船上 RTK—GPS 移动台的布设情况示意图

确定斜桩施打的平面扭角后,需要解决的是不同水位下打桩船的平面位置问题。假设斜桩的倾斜度为 θ ,假设桩位设计高程为 H_{p0} ,在不同水位下打桩船参考点高程为 H_p ,设 $H = H_p - H_{p0}$,设计高程处的参考点必须前移(或后移) L 。 $L = H \tan \theta$,即设计高程处的参考点前移(或后移)为 L ,具体见图 5。

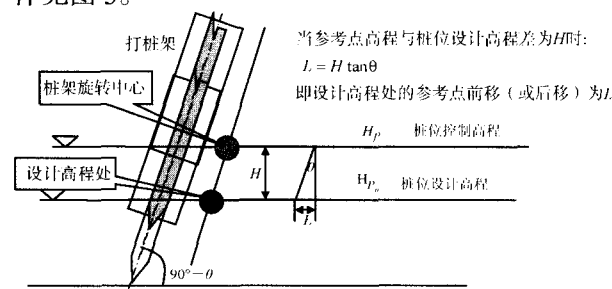


图 5 不同水位下打桩船的位置关系

此时从 GPS-RTK 电脑得到的是精度满足打桩要求的三维坐标,推算出的参考点的三维坐标也是精度满足打桩要求的(因参考点的三维坐标能够满足打桩定位的要求,不需要另外安排人员看水位),这时可以开始打桩。打桩的全过程也需根据水位的变化情况进行监控,确保打桩定位的最终成果满足设计要求。

3 测量定位效果

3.1 定位精度分析

根据《港口工程桩基规范》水上沉桩允许偏差对平面控制和高程控制的要求^[4],高程控制又根据桩打入土层的性质来确定,对于以高程为控制的摩擦桩,其桩顶允许偏差为 $+100 \sim -0.00$ mm;平面控制根据桩身的不同材料和施工地区的不同而有所不同,具体如表 1 所示。

在桩基施工正常状态和测量仪器正常状态下,

根据对某施工单位多年来采用的施工定位情况进行调查,在内河和有掩护的近岸水域或近岸无掩护水域,传统的测量方法经多年的实践经验检验,一般定位精度在 $\pm 50\text{ mm}$ 以内,能够满足水上沉桩允许偏差的要求。

表 1 水上沉桩允许偏差 mm

沉桩区域	混凝土方桩		预应力混凝土大直径管桩		钢管桩	
	直桩	斜桩	直桩	斜桩	直桩	斜桩
内河和有掩护近岸水域	100	150	150	200	100	150
近岸无掩护水域	150	200	200	250	150	200
离岸无掩护水域	200	250	250	300	250	300

利用 GPS-RTK 技术进行水上沉桩测量定位,可以实现水上打桩定位高精度和高效率,据在华南某港口建设现场利用 GPS-RTK 技术进行水上沉桩测量定位,同时用经纬仪和前站仪对其中 10% 的桩基进行同步校核的结果显示, GPS-RTK 技术定位精度在 $\pm 30\text{ mm}$ 以内,能满足沉桩定位精度的要求,特别是在外海原油码头的建设中,离岸较远,采用传统技术进行测量定位难度较大,花费成本也大,这时 GPS-RTK 技术的优势就更加明显,不但定位速度快,而且精度高。

3.2 人员配备情况

采用传统的技术进行沉桩定位, 3 台经纬仪各 1 人, 打桩船上 1 人, 水位观测 1 人, 定位人员配备不少于 5 人 (不包含打桩船配置人员)。

利用 GPS-RTK 技术进行水上沉桩测量定位,

岸台设置在安全的地点, 成套的设备在船上, 船上配备 1 个测量定位人员, 另外, 尚需 2 个人利用水准仪对打桩进度进行观测, 即配置 3 人可满足要求。

3.3 设备配置情况

利用传统技术进行测量定位, 需要 3 台经纬仪 (理论上 2 台, 但按规范规定, 采用任何一种定位方法应有多余观测, 故需增加 1 台经纬仪进行校核, 另这 1 台经纬仪也可以用于观测打桩速度及最后 10 击贯入度), 至少需要 5 台对讲机和现场测量的配套工具。

利用 GPS-RTK 技术进行水上沉桩测量定位, 仅需布设 1 个基站和 2 个或 2 个以上流动站, 基站布设在岸上, 流动站设置在打桩船上, 即主要设备为基站和流动站即电脑及配套软件。这样, GPS-RTK 技术比传统技术需要设备种类和数量少。

3.4 定位效率

根据某港航单位在华南沿海某工地的测量定位情况进行调查, 普遍反映利用 GPS-RTK 技术进行水上打桩测量定位存在定位精度高、时间短的优点。据现场采用 GPS-RTK 进行打桩定位情况, 一般定位 1 根直桩仅需 10 min, 定位 1 根斜桩需 20~25 min。而采用传统技术进行打桩定位, 对于直桩至少 40 min, 斜桩则需 80 min。GPS-RTK 技术约是传统定位技术定位效率的 4 倍。

表 2 两种测量方法对直桩定位情况调查表

	人员	设备配置	精度/cm	定位时间/min	施工效率	结 论
传统技术	5	3 台经纬仪 +5 台对讲机	5	40	慢	采用 RTK 进行水上打桩定位需要人员少、效率高、精度高, 在离岸较远水域采用 RTK 定位较为方便
RTK 技术	3	1 套 RTK 设备 +1 台水准仪 +2 台对讲机	3	10	快	

用 GPS-RTK 技术进行水上测量定位和用传统技术进行水上测量定位, 都可以满足测量定位精度的要求, 但从表 2 可以看出, GPS-RTK 技术进行水上测量定位优点明显。

参考文献:

[1] 《海洋测绘词典》编委会. 海洋测绘词典[M]. 北京: 测

绘出版社, 1999.
[2] 彭光宇. 海洋测量定位与计算[M]. 北京: 测绘出版社, 1998.
[3] 南方测绘仪器有限公司. 工程之星 2.0 用户手册[M]. 广州: 南方测绘仪器有限公司, 2005.
[4] JTJ 254—98, 港口工程桩基施工规范[S].

(本文编辑 武亚庆)