

文章编号: 0451-0712(2006)03-0088-08

中图分类号: U446.2

文献标识码: B

海上桥梁施工测量技术

鲜正洪¹, 李明¹, 戴宇², 刘振川¹

(1. 路桥华南工程有限公司 中山市 528403; 2. 路桥华东工程有限公司 上海市 200135)

摘 要: 对海上桥梁工程施工测量特点、仪器选用、控制网的等级和测设、桥梁施工测量方法, 以及对 GPS 测量技术的运用等做了论述。

关键词: 控制网; GPS 测量技术; 打桩定位系统比测; 施工测量

1 海上施工测量的特点

跨海大桥控制点一般都具有分布在离施工区域远、精度等级高和控制网布置不规则等特点。

在海上测量, 会受到施工环境的制约和海洋气候的影响。海上的施工环境是宽阔的水域, 控制点只能布设在已完成施工的承台上, 这样控制点的线形受到了一定的制约, 解决的方法是采用 GPS 静态分次加密。海洋气候影响主要是大风、雾和大气折光等, 在测量时应适时输入温度和气压进行改正。

海水的潮起潮落和波浪对承台的冲击, 都会使承台产生晃动。测量时应选择适当的时机, 充分掌握潮水的涨落时间, 合理安排测量时间。由于承台上的

控制点可能会受到施工船舶和已完工结构物的遮挡, 并且在施工过程中承台会受到施工船舶的撞击, 解决的方法是增加控制点的密度, 需对控制点进行定期与不定期的复测。

2 海上施工测量仪器的选择

海上测量仪器有配套的全站仪(精度在 2" 以上)、配套的水准仪(精度在 1 mm/km 以上)、一定数量的 GPS(包括 GPS 天线、双频接收机、GPS 手簿、GPS 电台及配套的电缆等配件)。表 1 为杭州湾跨海大桥 IV 合同配置的测量仪器。

表 1 杭州湾跨海大桥 IV 合同配置的测量仪器

序号	设备名称	规格型号	数量	精度等级	生产厂家	备注
1	GPS	5700	6 套	10 mm+1ppm	Trimble	含 GPS 手簿、电台
2	全站仪	TC1800	1 台	1", 1 mm+2 ppm	徕卡	
3	全站仪	TC1102	1 台	2", 2 mm+2 ppm	徕卡	
4	水准仪	NA2	2 台	0.7 mm/km	徕卡	
5	测微器	GPM3	1 台	0.3 mm/km	徕卡	

GPS 静态测量(GPS 电台+GPS 天线+GPS 接收机+基线处理软件)的精度较高, 基线向量的相对精度一般在 $10^{-5} \sim 10^{-9}$ 之间。测量时不受观测距离和通视条件的影响, 可以全天候作业。缺点是测量时间较长, 测量数据必须经过内业处理, 只能作为控制点测量, 不宜直接用于施工放样。

GPS 实时动态测量(GPS 电台+GPS 天线+GPS 接收机+GPS 手簿)能实时测量出待测点的实际坐标和高程, 平面精度在 10 mm、高程精度在 20 mm 以内。

全站仪、水准仪能及时放出点位坐标或高程, 且放样精度较高, 但受各种客观因素的影响较多, 如天气状况、通视条件和测量视距等。

3 海上施工测量控制网布设特点

海上施工测量控制网按等级分为首级控制网、首级加密控制网、一级加密控制网和二级加密控制网。

3.1 首级控制网

首级控制网是工程勘测设计院从国家高级控

制点引测,分布在海岸上桥梁两端的桥轴线两侧。首级控制网离桥区较远,精度高,首级控制点均有坚实的基础,点位稳定,是跨海大桥控制的主要依据。

3.2 首级加密控制网

首级加密控制网由业主委托有资质的测绘单位布设施测完成,它的主要功能是将跨海大桥在海中分成若干个小的施工区域,主要分布在大桥附近。因跨海大桥线形较长,又跨越宽阔的海面,所以先在海中每隔 1.8 km 左右施工一个优先墩承台,在承台上建稳定的观测墩;观测墩建在桥的同一侧,在不同的曲线时可转入另一侧,便于常规测量观测。海中优先墩承台施工完成后进行全桥首级加密控制点贯通测量。

3.2.1 首级平面加密网控制测量

平面控制网采用双频 GPS 接收机按《全球定位系统 GPS 测量规范》(GB/T18314—2001)中 B 级网要求施测和基线处理与平差。

3.2.2 首级高程加密网控制测量

首级高程加密控制网是采用 EDM 三角高程测量,因测量距离较长,测量时采用两台同精度的全站仪(测量机器人如徕卡 TCA2003)同时进行对向多测回观测,并在第一次观测完成后两站间交换仪器进行再次观测,以消除因仪器系统误差所造成的影响,需对影响测量误差的地球曲率和大气折光等进行改正,且必须取得足够的有效观测数据。

3.3 一级加密控制网和二级加密控制网

一、二级控制网测设由施工单位完成,由于首级加密网距离较远,不能完全满足施工放样要求,需在两首级加密网点之间进行一、二级网加密。

3.3.1 平面控制点加密

(1)平面一级加密点的布设。

根据现场经验,前视在 200 m 左右最佳,所以在每隔 400 m 左右的承台上加密一个控制点。海中两首级加密控制点的距离小于 1.8 km,可在两首级加密控制点之间加密 3~4 个一级控制点。

根据控制网边长短、点数少、网形狭长的特点,一级加密点可布设为三边网形和导线形,如图 1 和图 2 所示。

(2)平面一级加密点施测技术要求。

平面控制点加密均采用 GPS 按《公路全球定位系统 GPS 测量规范》(JTJ/T066—98)一级精度要求进行施测,因在海上测量,水面宽阔,可能存在多路径的影响,测量时应延长测量时间,提高测量精度。主要技术指标如表 2。

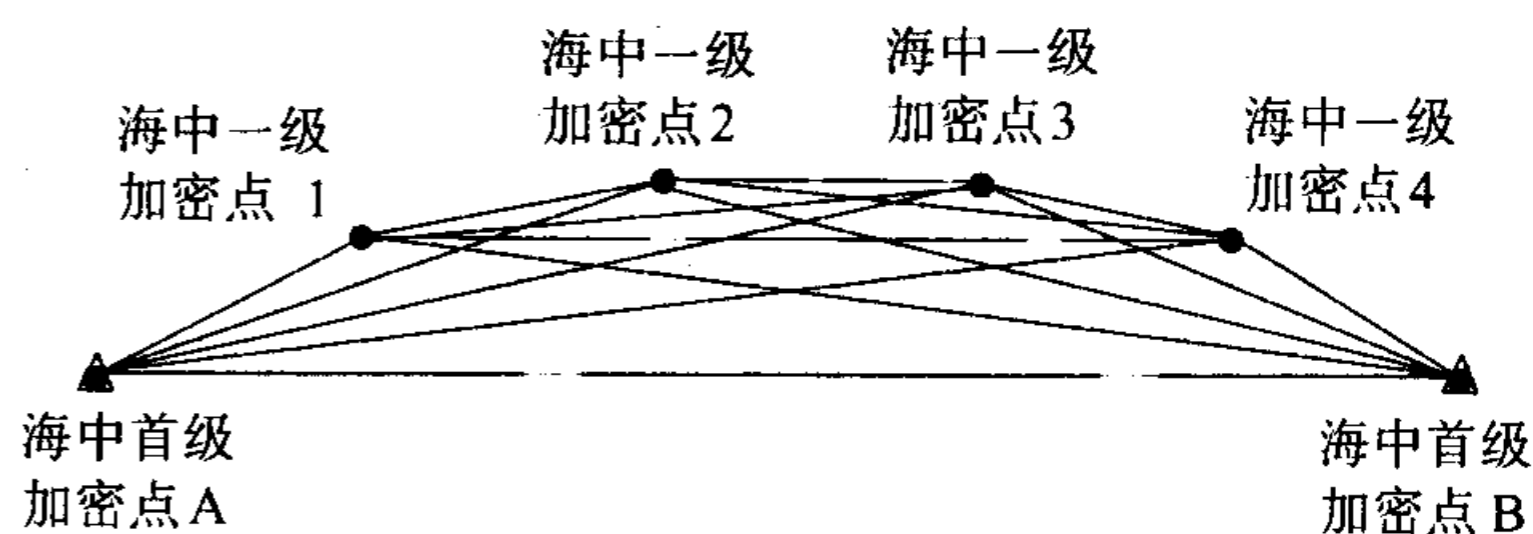


图1 三边网布置形式

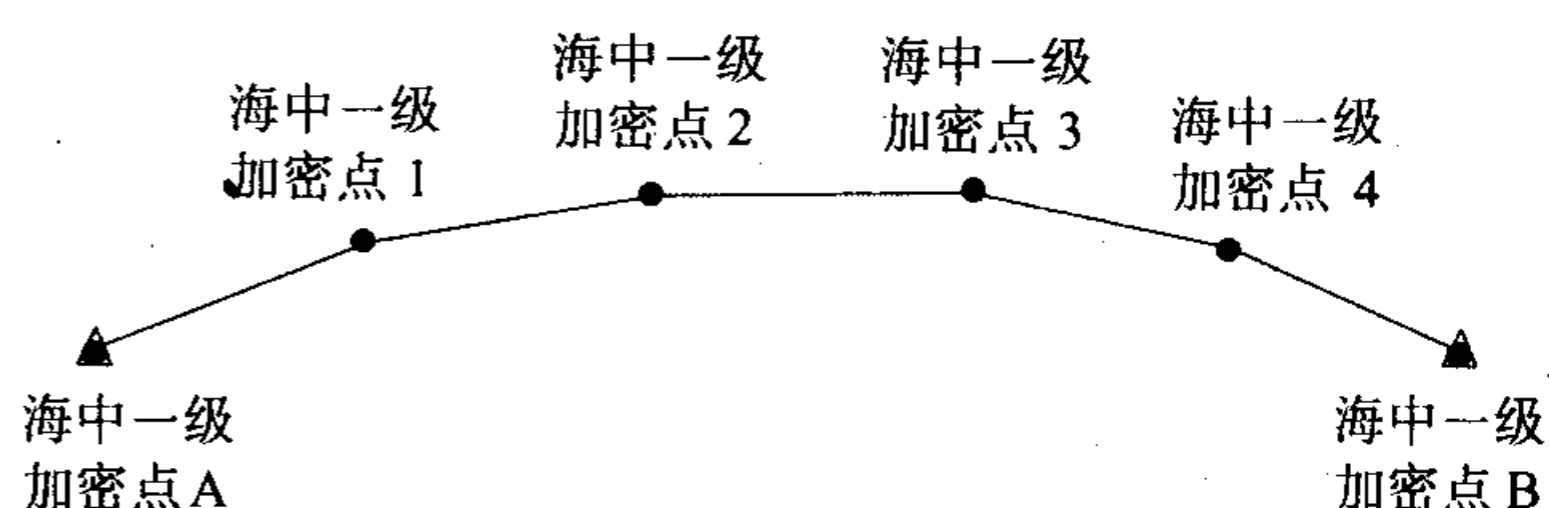


图2 导线网布置形式

表2 测量技术指标

项目	设计规定指标	实施具体技术指标
卫星高度角/(°)	≥15	≥15
数据采样间隔/s	15	15
有效观测卫星个数	≥6	≥6
观测时段长度/min	≥90	≥120
平均重复设站数	≥2	2

中平面控制点加密应选择海上风浪小、无雷雨天气,且在潮位低于承台底面的低水位时段观测。

外业观测除基准站外,另外用 3 台以上双频 GPS 接收机,两台架在海中优先墩承台的首级加密控制点上,另一台架在待求点,最好是待求点在 3 个已知点中间,以保证整网的点位精度均匀,同时起算点一般应均匀地分布在 GPS 网的周围,要避免所有的起算点分布在网中同一侧的情况。

外业观测时要认真做好记录,即仪器的编号、仪器高度(量取仪器高度的位置是天线底部或是槽口位置,同时要注意量取的方法,不要垂直量到槽口)、接收天线的类型、仪器所在点位的编号等。

(3)平面一级加密点内业处理。

外业观测完毕后进行内业处理,方法如下。

①用随机软件 TGO 将接收机数据导入电脑。

②建立 TGO 坐标系统,即在坐标系统编辑模块下,建立椭球,输入椭球名称、地球长半轴、扁率,建立 7 参数,创建新的基准转组,增加坐标系统组,选择投影方式。

③采用 GPS 数据截止角为 15°,共同历元小于 10% 舍去。

④采用自动模式进行处理,基线解算时对存在的周跳、残差较大等质量较差的观测数据进行了修复、剔除和处理,确保数据正确、可靠。

⑤GPS 网平差:在GPS 基线解算质量检核合格的基础上,首先进行了WGS-84 无约束平差,然后进行工程坐标的约束平差。

⑥平差合格后,导出测量数据,形成测量报告。

平面控制点加密后,可根据施工的需要再进行控制点的加密,这类控制点可从已经加密的点上用全站仪按支导线测量的规范要求进行加密。

3.3.2 高程控制点加密

因STHZ 海中承台在波浪的作用力下会产生晃动,当前、后视距在70 m 左右并承台基本稳定时可采用水准测量;当前后视距较长时,应采用EDM 三角高程测量,测量方法有:对向观测法和中间观测法。测量时应按EDM 三角高程测量规范所规定的等级精度要求进行测量。

EDM 三角高程采用中间测量方法将2 m 多高的观测墩上的水准高程点引到承台上,中间法三角高程测量主要有以下特点:

- (1)测站不需对中;
- (2)测量选在中间,可以减弱大气折光和地球曲率的影响;
- (3)减少对向观测的劳动强度,提高作业速度;
- (4)在前后视都用同样的对中杆时,不需要量取仪器高和目标高。

中间法三角高程测量的基本原理:如图3 所示,为求A、B 两点间的高差,将全站仪置于A、B 两点大致中间位置O 点处。

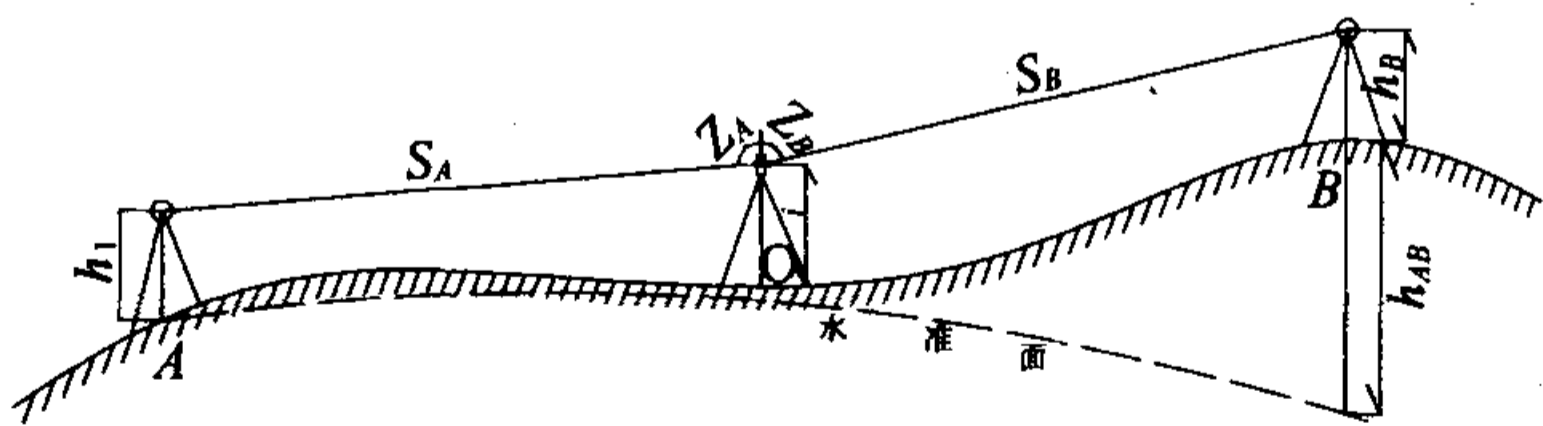


图3 中间法三角高程示意

A、B 两点间的推算公式:

$$h_{OA} = S_A \times \cos Z_A + \frac{1-k_A}{2R} (S_A \sin Z_A)^2 + i - h_A \quad (1)$$

$$h_{OB} = S_B \times \cos Z_B + \frac{1-k_B}{2R} (S_B \sin Z_B)^2 + i - h_B \quad (2)$$

故A 点至B 点的高差为:

$$h_{AB} = h_{OB} - h_{OA}$$

$$= S_B \cdot \cos Z_B - S_A \cdot \cos Z_A + \frac{1-k_B}{2R} (S_B \cdot \sin Z_B)^2 - \frac{1-k_A}{2R} (S_A \cdot \sin Z_A)^2 + h_A - h_B \quad (3)$$

式中:距离单位均为m;S 为经气象改正后的斜距;Z 为大顶距(角)的观测值;i 为仪器高;h 为棱镜高;R 为地球曲率半径,取值为6 371 000 m;k 为大气折光系数,取值为0.14。

因在海中观测时,两边的距离不超过500 m,所以两边的地球曲率基本相等,观测时间也基本上在同一时间,两边的大气折光可以相互抵消,两点用同样高度的对中杆,但观测必须是偶数站,所以式(3)的公式可简化为:

$$h_{AB} = h_{OB} - h_{OA} = S_B \cdot \cos Z_B - S_A \cdot \cos Z_A \quad (4)$$

式中: h_{AB} 即为A、B 两点的高差。

在条件不满足三角高程中间法观测,应采用三角高程对向观测,三角高程对向观测时需仔细量取仪器高和棱镜高,一台仪器观测时应在较短的时间内完成,以减少大气折光的影响。如果用两台同精度的测量仪器观测,可以减少大气折光的影响,提高测量精度,观测时需交换两点间的仪器,以减少仪器误差的影响。

3.3.3 二级控制点加密

二级加密控制点是从一级加密点用常规方法加密,加密可以用支导线法进行,有条件时应附合到另一已知点。

4 海上首级控制网复测

4.1 首级平面控制点的复测

在施工前必须对首级控制网进行复测,观测时按《全球定位系统GPS 测量规范》(GB/T18314-2001)B 级要求,实行同步观测,每个时段观测150 min,共观测3 个时段,采用GPS 随机软件进行数据处理,平差前对各基线向量进行了严格质量控制和筛选。作业实施和具体指标如表3。

表3 测量技术指标

项目	设计规定指标	实施具体技术
卫星高度角/(°)	≥15	≥15
数据采样间隔/s	15	15
有效观测卫星个数	≥6	≥6
观测时段长度/min	≥240	≥240
平均重复设站数	≥3	3

4.2 首级水准网复测

水准测量的实施程序执行《国家一、二等水准测量规范》(GB12897-91),采用闭合测量或往返测量。水准测量闭合差及每公里偶然中误差必须满足规范要求。

5 海上施工测量

5.1 海上钢管桩沉桩测量定位

5.1.1 沉桩测量定位系统

海上钢管桩沉桩定位测量采用GPS-RTK测量,打桩船上GPS定位系统的选取应与GPS基准站采用的仪器相互兼容。不同的打桩船,测量仪器的布局有所不同。如在杭州湾跨海大桥海上沉桩的“路桥建设桩8号”打桩船,选择高精度的3台Trimble 5700双频GPS接收机、3台GPS大盘天线、2台徕卡免棱镜红外线测距仪、1台摄影机。所有测量仪器的布置如图4所示。

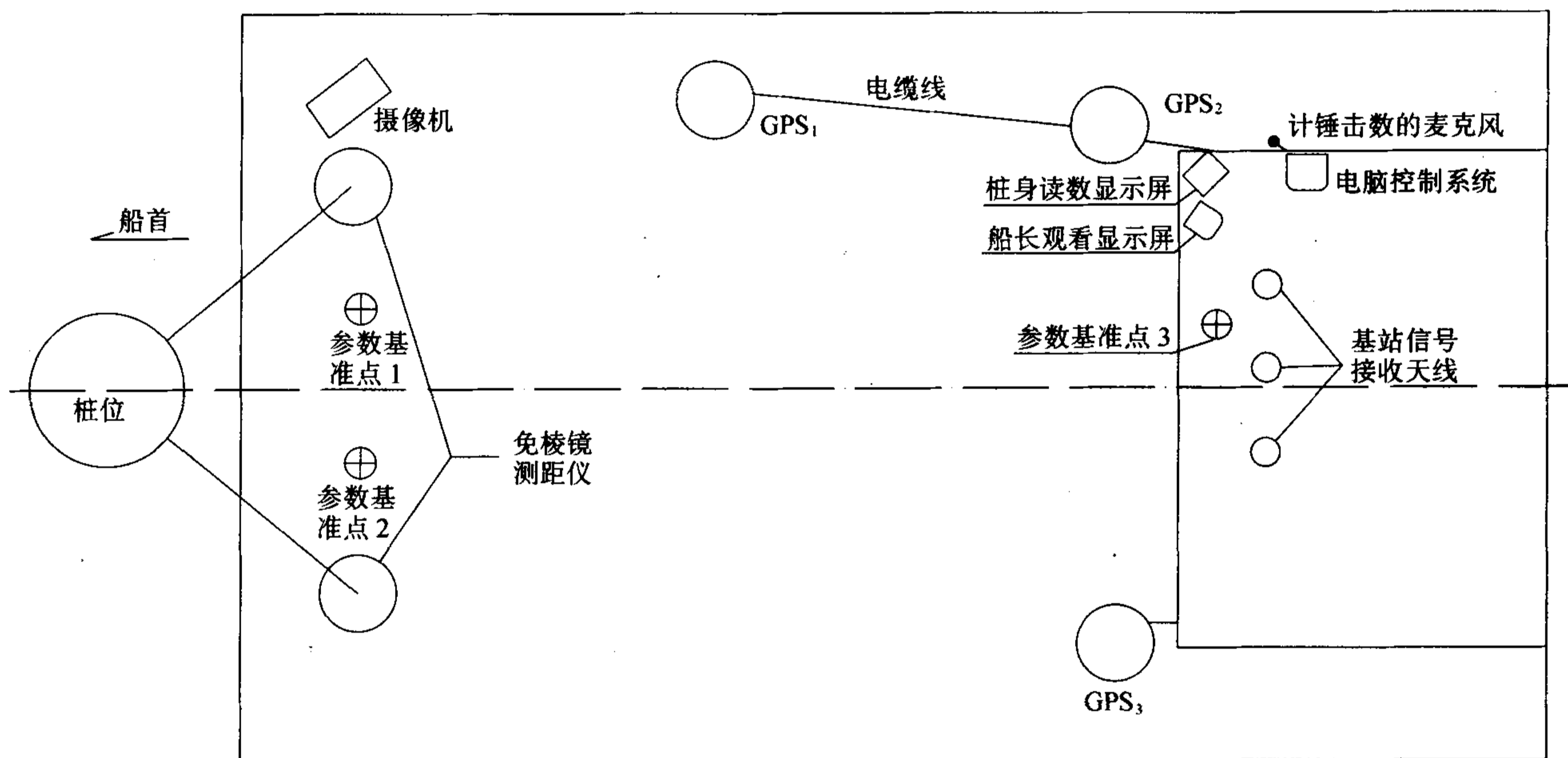


图4 测量定位系统平面布置示意

为保证打桩船沉桩定位的正确性,在投入使用前需要对GPS-RTK测量定位系统进行检验校核。

(1) 施工前各仪器参数校核。

打桩船上各测量仪器间的参数校核,必须选择海上风平浪静的好天气,打桩船的锚缆需拉紧,减少船的晃动。将全站仪TC1800分别架在参数基点1和参数基点2,分别后视参数基点3,分别测3台GPS和2台免棱镜测距仪的坐标、距离、角度,高程用全站仪三角高程测量,同时检查参数基点1和参数基点2到龙口中心的距离,并同电脑内的参数进行对比,如图5所示。

(2) 桩位中心坐标校核:

①用GPS-RTK定位方法,在码头上测放两点 P_0 、 P_1 ,如图6所示;

②在 P_0 、 P_1 两点上任一点架设全站仪,另一点为后视点,测定龙口中心 M_1 的坐标;

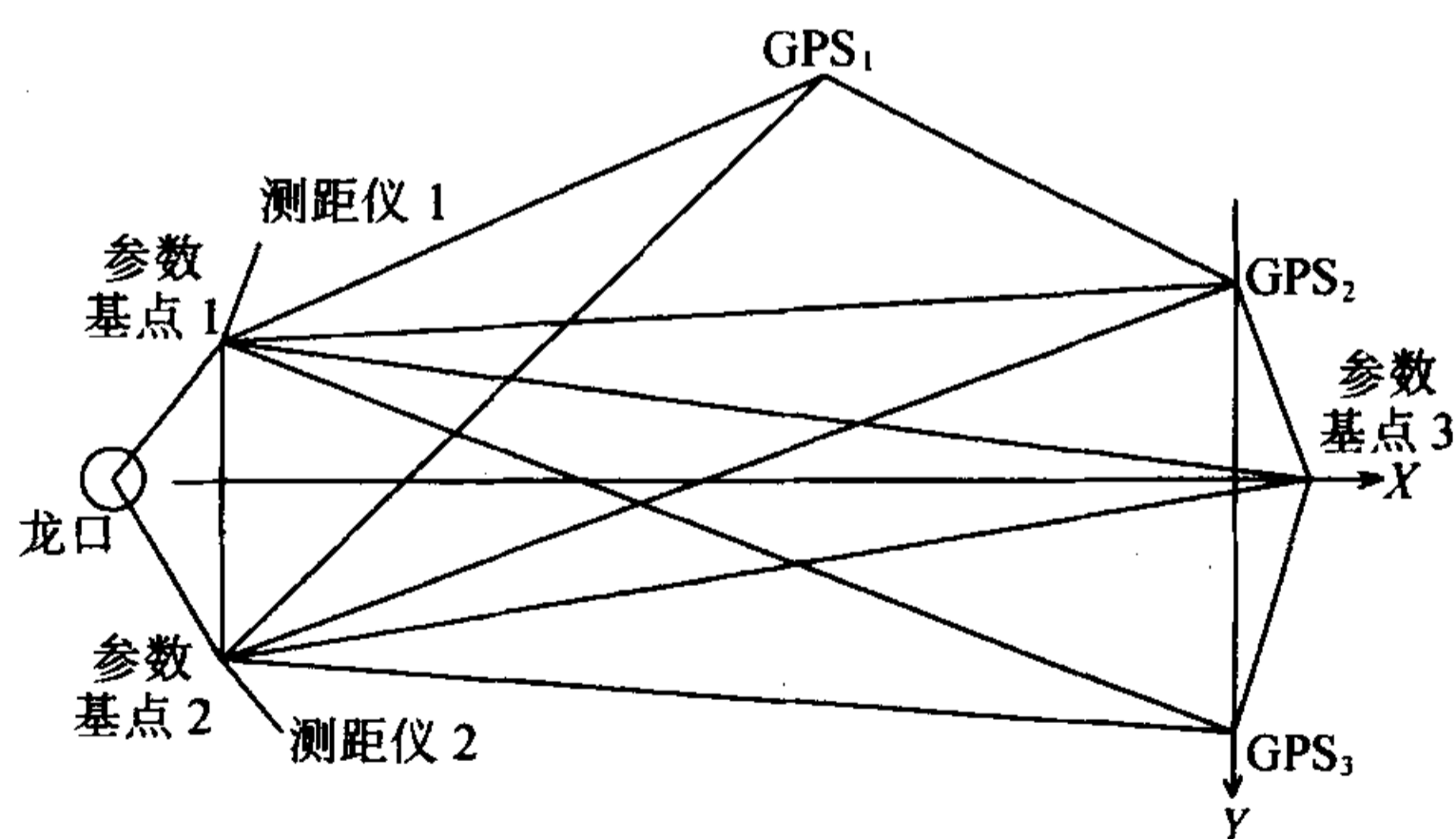


图5 测量仪器各几何参数检测示意

③然后再用RTK测定龙口中心点 M_2 坐标, M_1 和 M_2 的平均即是 M_3 ;

④开启打桩定位系统,使其进行自动显示龙口中心 M_0 ;

⑤分别计算出 M_0 与 M_3 的差值 Δx 、 Δy ;

⑥若 Δx 、 Δy 均满足规范要求,打桩定位系统

的参数不做调整。如果不能满足规范要求,定位系统研制人员将对定位系统的参数做调整,直到满足要求为止。

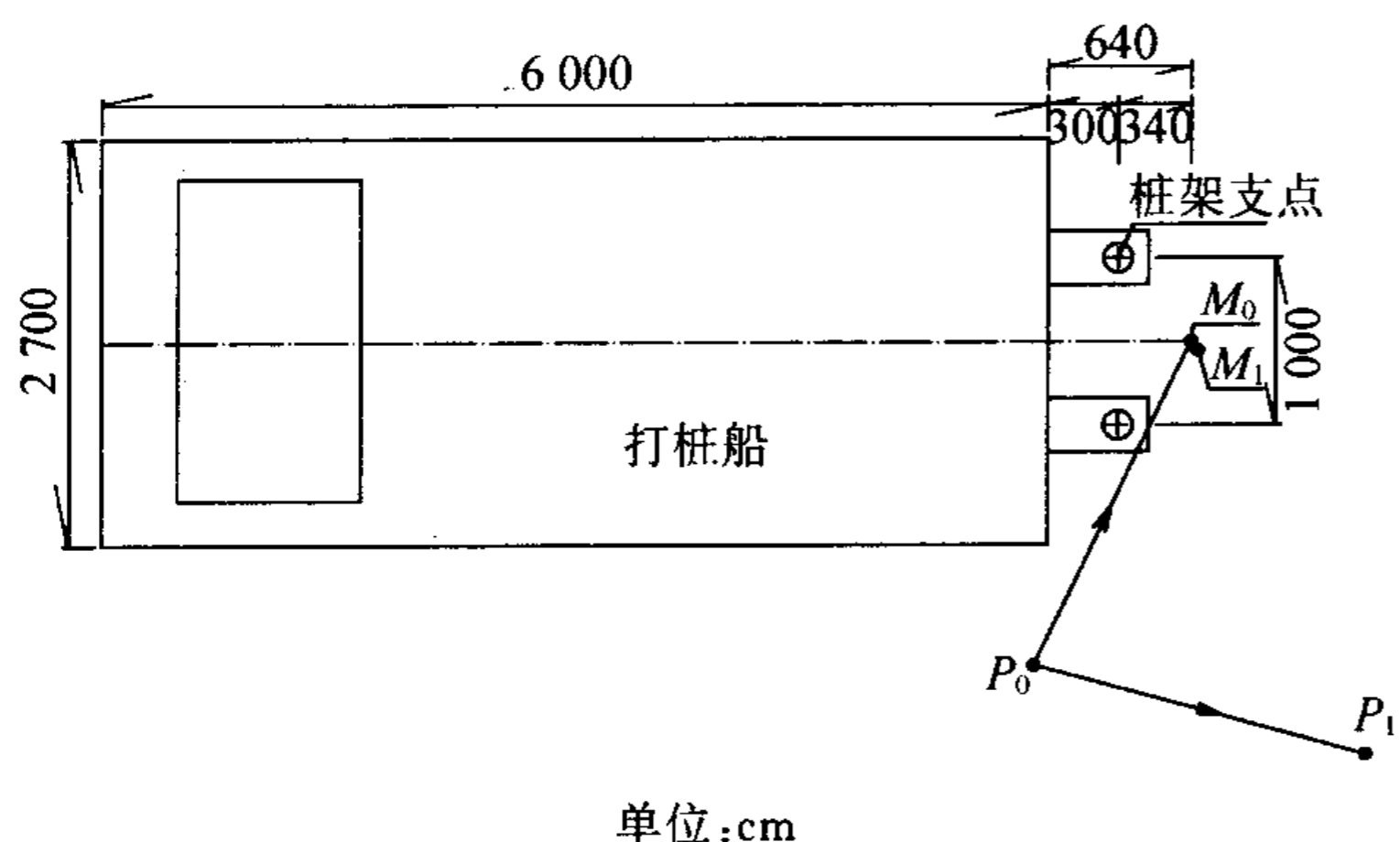


图6 常规测量仪器检测打桩系统示意

5.1.2 沉桩施工测量

(1) 首根钢管桩的比测。

GPS-RTK 测量受到很多外界条件的影响,如高大的建筑物、大面积的水域、强电磁波、RTK 作业半径等,都将给测量结果带来严重影响。影响海上沉桩定位的主要因素是,打桩船在不同位置时,高大的桩架对卫星信号的影响和宽阔的海面产生的多路径影响等。所以,每个墩的首根钢管桩定位,必须进行比测。钢管桩的定位比测有以下两种方法。

一是在船上直接布置2个测量点,测量点与船上各控制点间组成一定的几何关系,通过几何关系计算出所布置点的坐标。用GPS-RTK 检查所布点的坐标是否正确,并计算出桩的平面扭角,并与定位系统内坐标和平面扭角进行比较,注意需多次观测,且RTK 测量前必须将GPS 在已知控制点上以RTK 进行检校。这种方法的缺陷是不能校核桩的倾斜度。

二是用常规的测量仪器进行测量,这种方法的前提条件是在所打桩的附近有稳定的测量平台,在平台上用GPS 静态测量布设控制点,在船上平行于船轴线的船边处设两个测量点,并加工一个跟桩身倾斜度一样的三角尺。其检验方法有以下3种。

① 平面扭角测量。

若在沉桩附近有施工好的承台或临时海上平台,用GPS 静态测量分别在其上布设两个相互通视的控制点 A_1 、 A_2 ,并在打桩船上事先布设两点 B_1 、 B_2 与船主轴线平行,测量定位系统定位结束后,在 A_1 点上架设全站仪,后视 A_2 点,测出打桩船上两点 B_1 、 B_2 的坐标,并计算出此两点连线的方位角,推算钢管桩的平面扭角,与设计值比较,以此对测量定位系

统测定的平面扭角进行校核,如图7所示。

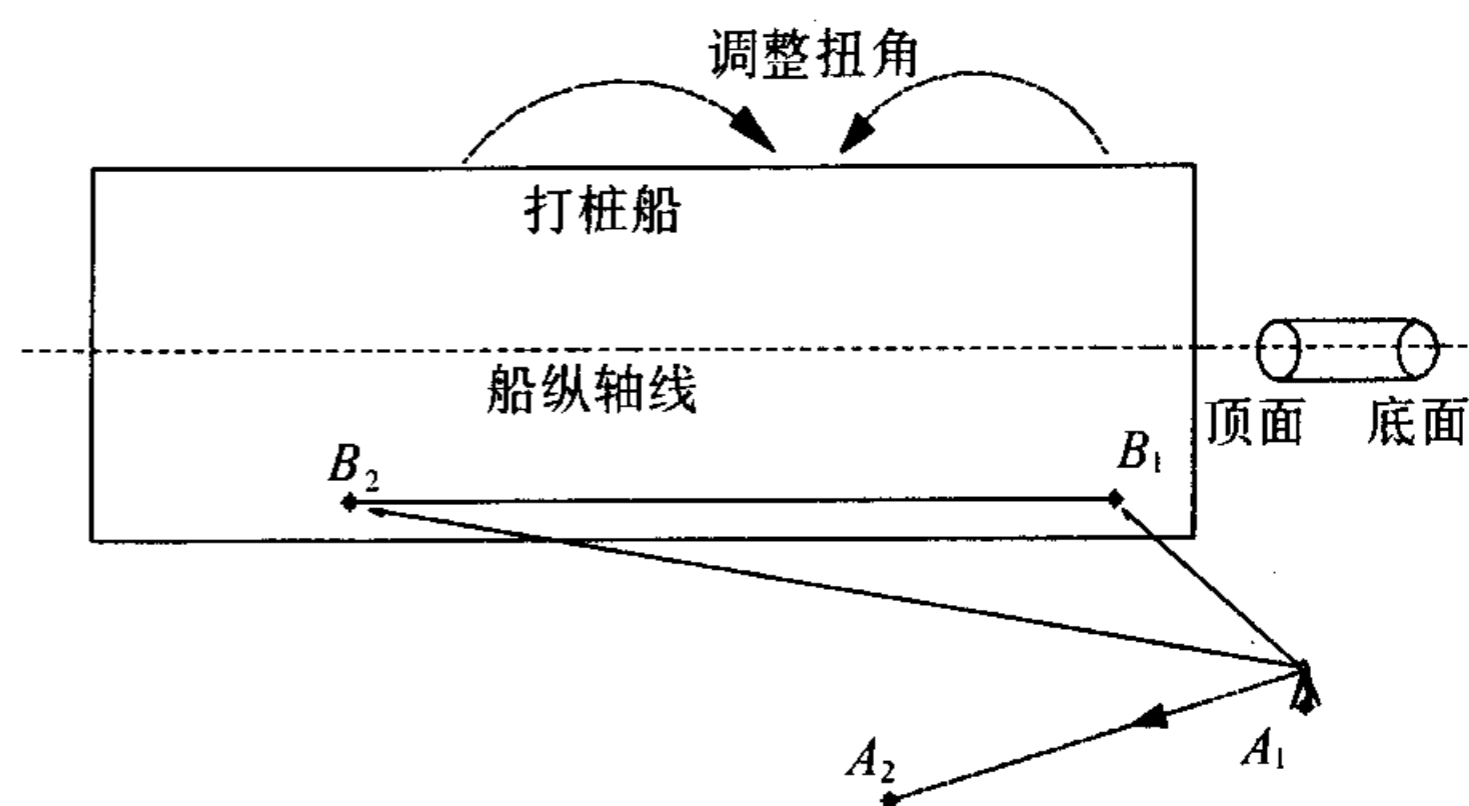


图7 平面扭角检查示意

② 倾斜度测量。

将三角尺的斜边靠在钢管桩的侧壁上,此时三角尺的直角边理论上应处于铅垂状态,利用全站仪检查三角尺的直角边的垂直度,根据其偏移铅垂线的幅度及方向来推算钢管桩实际倾斜度。

③ 平面坐标测量。

定好钢管桩任意一切面的中心与全站仪的连线,在此连线的钢管桩外壁上指挥放好棱镜,根据所测水平距离 S ,结合棱镜中心至背面厚度 d 、钢管桩的半径 R 计算出全站仪至此切面中心的距离,再根据水平方位角 α_1 推算出钢管桩中心位置的坐标,根据倾斜度、平面扭角 α_2 及所测三角高程 h 推算出承台底面处的坐标,并与打桩船定位系统显示的坐标及设计坐标做对比,如图8所示。

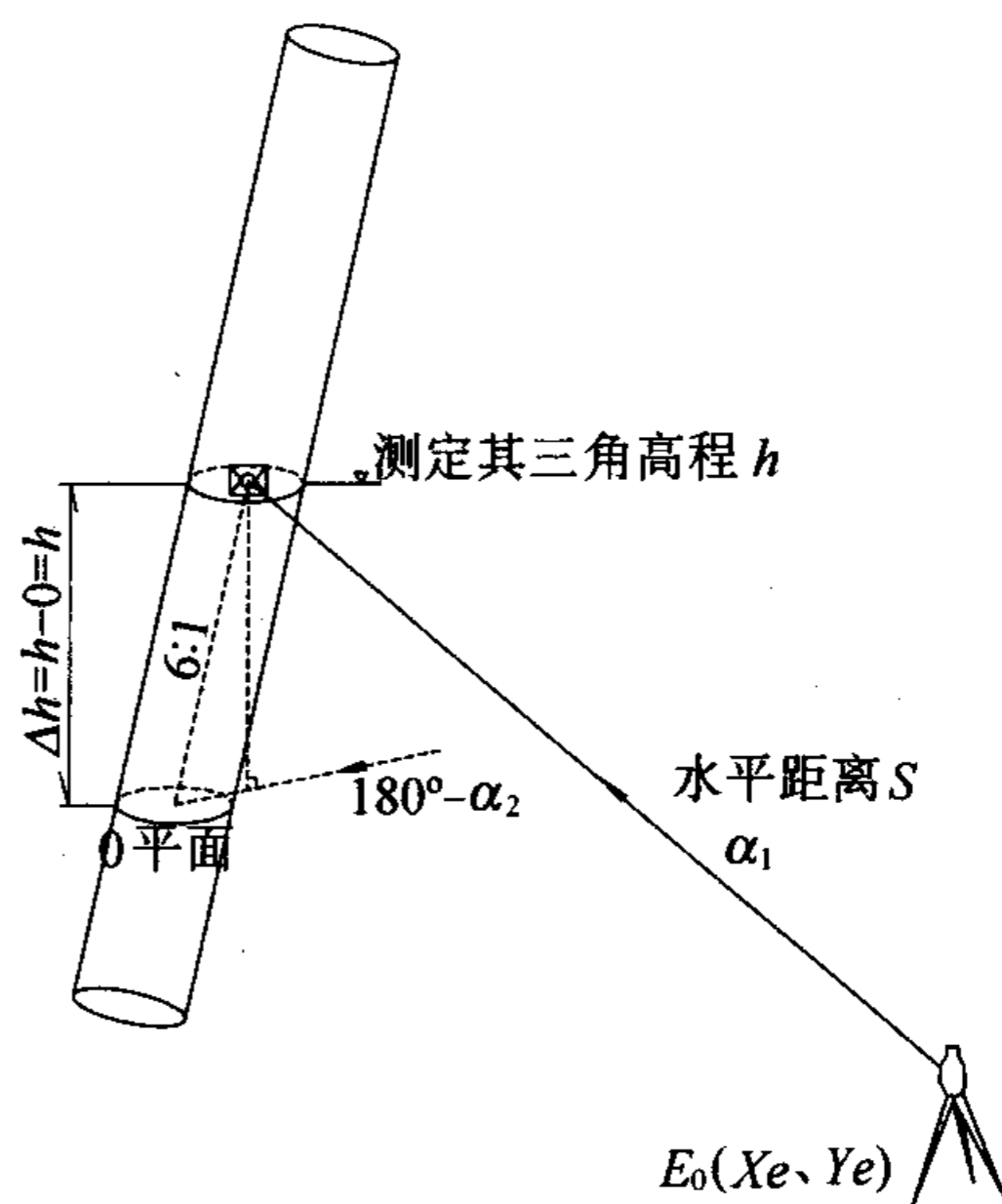


图8 钢管桩比测示意

通过以上3种常规测量方法得出的数据与打桩船安装的定位系统显示的坐标、倾斜、扭角进行对比,实现校核的目的。

(2) 钢管桩顶切桩标高的测量。

海上标高的测量方法根据不同的条件,可以采用不同的测量方法,主要有GPS-RTK测量、三角高程测量和水准测量。GPS-RTK测高程误差相对较大,对于桩顶切桩标高是满足要求的。三角高程测量和水准测量在附近需要有测量控制点。

用GPS-RTK测高程,事先必须加工一个安装GPS天线的工具和一条15 m左右的数据电缆线。测量时将器具卡在钢管桩顶,用上下两个螺旋将GPS天线调直,拧紧,量取GPS天线高并输入手簿,如图9所示。

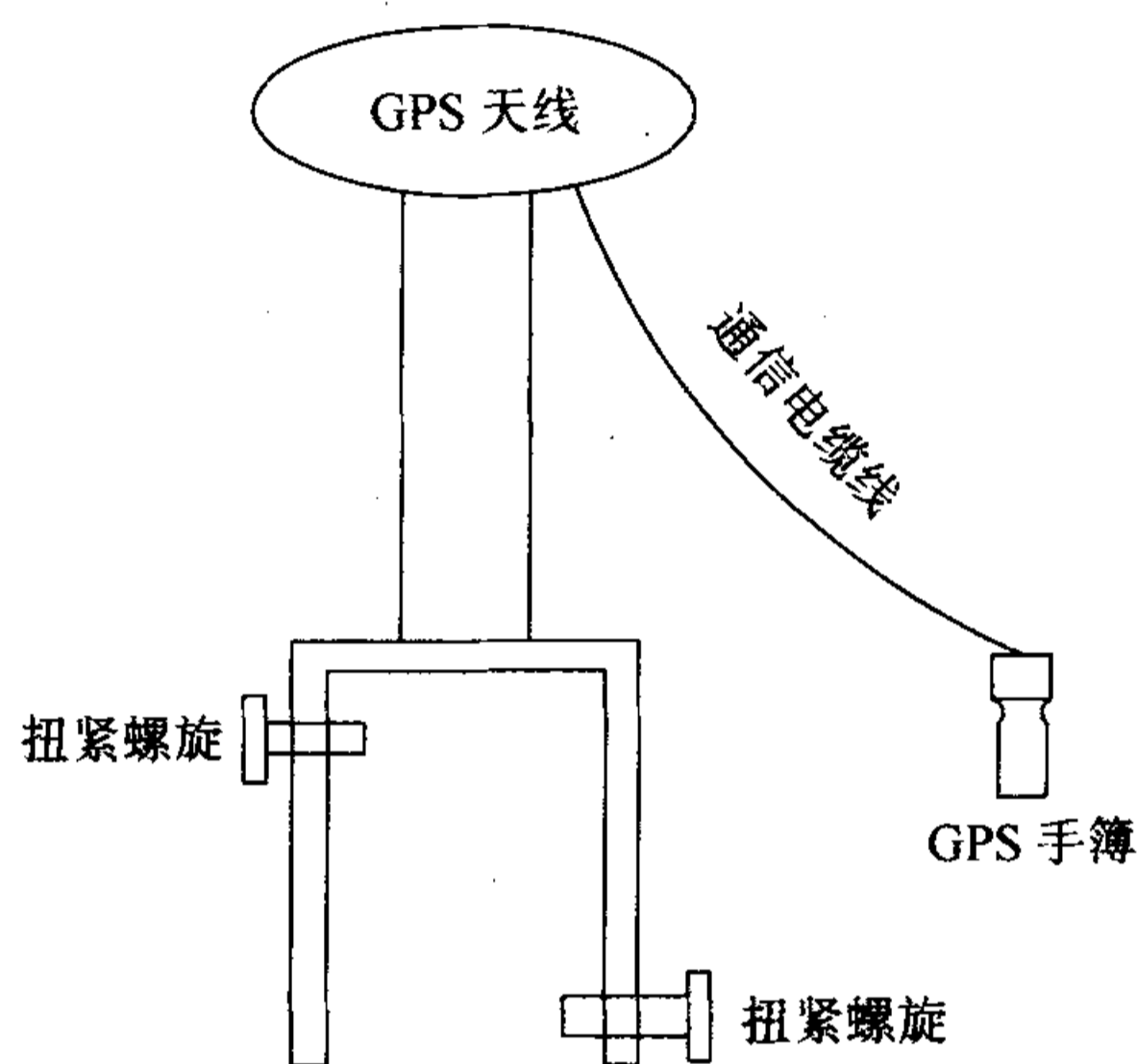


图9 钢管桩测桩标高示意

每个承台选两根倾斜度相对较小的钢管桩作为切桩标高测量,标高均测在钢管桩的顶面,用钢尺向下量可得到桩顶设计高程,两桩设计标高可以相互检核,检查所测标高的正确性。其余桩的标高可用连通管引测。

(3) 钢管桩顶平面坐标验收测量。

钢管桩桩顶切桩完成后,即可进行桩顶平面偏位的验收测量,测量桩顶坐标偏位时也需加工一个特定的十字架,十字架顶安装GPS天线,一根15 m的通信电缆线,这样测量人员在船上测量时,桩顶只需一人移动十字架。

测量时,需量取GPS天线槽口至十字架底部的高度,这样可以检查桩顶标高,为了确保十字架中心处于桩中心,安放时必须检查十字架中心至桩边的距离,两边的距离应相等。

在有条件的情况下,可用全站仪直接测桩的中心坐标和高程,测量时将棱镜安在十字架的中心,在测桩的同时还可进行钢套箱的限位导向的放样。

5.2 海上承台的施工测量

承台施工测量主要包括:承台钢套箱定位和安

装测量;承台钢套箱的检查(套箱标高、纵横轴线、倾斜度);承台竣工测量。

5.2.1 在钢管桩上加密临时控制点

在海中优先墩承台上首级加密点没完成前,海中无测量控制点施工,必须设置临时控制点。设置临时控制点的方法是在钢管桩切桩处理完成后,在左右幅各选一根倾斜度较小的钢管桩,在该桩上用槽钢焊一个测量三角架,并在三角架顶焊接与仪器的连接螺栓。用GPS静态测量的方法加密控制点。

当承台钢套箱已经封好底,可以在承台钢套箱上加密临时控制点。

5.2.2 钢套箱施工测量

(1) 钢套箱限位点放样。

承台钢套箱安装定位是将钢套箱承重梁直接安装在钢管桩顶,施工放样前量取承重梁底桁井字架的外边缘尺寸。将工程坐标转换为桥轴线与墩轴线的施工坐标,方便在钢管桩壁上放点,即测设X和Y的坐标即可。

(2) 承台钢套箱底板开孔测量。

将所测钢管桩顶面中心坐标并按所测得桩的倾斜度、平面扭角推算出钢套箱底板处钢管桩截面椭圆的长半轴和短半轴,用CAD绘制成图。开孔时首先放出套箱底中心纵横轴线,然后根据图纸放出开孔线,为了钢套箱能顺利下放,开孔尺寸均放大15 cm。

(3) 承台钢套箱安装与检查。

虽然在钢管桩上焊接了限位牛腿,但为了确保钢套箱安装准确无误,钢套箱下放到位后,应采用GPS-RTK或全站仪测量对钢套箱中心点坐标和垂直度进行检查,检查合格后方可焊接加固承台钢套箱。

(4) 承台竣工测量。

承台竣工测量时先用施工独立坐标系放出承台的纵、横向轴线,再测出承台边缘轴线位置的施工坐标,通过承台边缘的施工独立坐标实测值可知承台轴线偏位值。

5.3 海上墩身的施工测量

5.3.1 墩身施工放样

墩身施工放样采用常规的测量方法进行放样,放样时主要考虑:(1)海中承台晃动影响,应选择好测量时间和适当的前后距;(2)做好测量标记;(3)检查放样精度。

5.3.2 墩身模板的检校

高度较大墩身是采用分节现浇的,每一节墩身均

需要对模板进行测量检校。墩身的位置和垂直度的控制关键在于首节墩身,在安装首节墩身的第一节模板时就要进行严格调整。检查顶口和底口模板的位置是否正确,检查模板的垂直度,保证顶口水平。

检校中间各节墩身模板时,只需检查模板垂直度,不符合要求时对模板顶口的纵横轴线进行调整即可。

当支座垫石和最后一节墩身同时浇注时,在调好墩身模板后,等模板全部加固完成时,再次检查墩身模板,然后在模板上放出支座垫石的纵横轴线。在标高的放样时,首先将承台上水准点用倒挂钢尺的方法引到墩身顶面。钢尺在使用时必须进行现场的温度改正和尺长改正。

5.3.3 墩身的竣工测量

将承台上的水准点引到墩身顶混凝土面上,即可测墩顶和支座垫石的标高。由于墩身高度较大,所以必须在每隔一个墩的左右幅承台外侧边各布置一个观测点,这样仪器架在其中一幅的观测点就可以测量另一幅的墩身。

墩身和支座垫石验收时,先用钢尺分出墩身和支座垫石的中心线,然后用全站仪直接测中心线的施工坐标,即得出墩身和垫石纵横轴线的偏位,并用红油漆将点标好。

5.4 海上主塔施工测量

5.4.1 钻孔平台临时钢管桩和钢护筒的定位

(1)打桩船插打钢护筒和临时钢管桩的测量定位。

用打桩船直接插打基桩钢护筒和临时钢管桩完全满足海中施工的规范要求。测量方法见 5.1 海上钢管桩沉桩测量定位一节。

(2)浮吊和振桩锤插打钢护筒和临时钢管桩的测量定位。

当不具备用常规测量条件时,可用 GPS-RTK 测量进行临时钢管桩的定位。当钻孔平台搭设好后,在平台上用 GPS 静态测量加密 2 个一级控制点,用常规测量进行护筒导向架放样。在钢护筒下沉过程中用 2 台全站仪成 90°方向观测护筒的垂直度,并随时进行纠偏。

5.4.2 主塔承台施工测量

主塔承台虽然结构尺寸比较大,但测量的原理与海中的一般承台一样,测量方法见 5.2 海上承台的施工测量一节。

5.4.3 主塔的施工测量

测量重点是保证塔柱、横梁、钢锚箱等各部分结

构的倾斜率、垂直度、外形几何尺寸、平面位置、高程以及内部预埋件的空间位置,主塔施工测量难点是受风振、温差、日照等影响。

根据塔柱的几何特征和施工时每一节高度,建立数学模型,编制数据处理程序,计算主塔截面轴线点、角点的三维坐标。

施工过程中,应监测索塔的相对及绝对位移,以能及时准确反映索塔实际变形程度或变形趋势,确保塔顶高程的正确,并分析索塔的稳定性和整个施工的决策提供依据,以达到指导施工的目的。索塔变形测量可采用《工程测量规范》(GB50026-93)三等变形测量。

5.5 混凝土箱梁的施工测量

5.5.1 0 号块的施工测量

在墩身竣工后,将全站仪架在附近承台的控制点上,放出 0 号块的纵横轴线和中心点,可用 GPS-RTK 进行放样点的检核。

5.5.2 0 号块上控制点布设

0 号块上的控制点是其他各箱梁轴线和高程控制的主要依据,平面控制点的加密精度应按《公路全球定位系统 GPS 测量规范》(JTJ/T 066-98)中一级要求加密,高程控制点应按《公路工程测量规范》(GB50026-93)中四级要求加密。

5.5.3 箱梁顶控制点的联测

两个墩以上的 0 号块箱梁控制点进行联测, GPS 平面测量精度较高,用全站仪检测两点间的距离,确认控制点坐标计算是否正确。高程联测用 EDM 三角高程测量进行检验,按两点间往返测量。检测各控制点间的误差在允许范围内时,对各点进行归化改算。

5.5.4 箱梁的施工测量和监控

在 0 号块上放出墩横向轴线和桥轴线,同时放出挂蓝安装线,并将箱梁顶的控制点引测到箱梁底板的两端,作为其余各箱梁底板调整时的控制点。

混凝土箱梁是要保证块段平、竖向线形,使两个墩的箱梁能顺利合拢。监控时主要考虑监控点的布设、监控时间等。箱梁监控主要分为三个阶段监控测量,分为张拉前、张拉后和挂蓝前移后。

(1)张拉前监测。

观测在块段箱梁重量增加后,和以前已浇筑箱梁的挠度进行变形观测,并测取刚浇筑箱梁高程的初始值和轴线偏位初始值。

(2)张拉后监测。

张拉预应力施加后,监测已浇各箱梁的平面轴线和竖曲线变化情况。

(3)挂蓝前移后监测。

在现浇块张拉完后,挂蓝移到待浇筑段,已浇筑箱梁产生挠度变形,主要是监测各块段监控点高程的变化。

(4)合拢前控制。

箱梁在合拢前需对箱梁平面线形偏位和竖曲线变化进行24 h监控,记录在不同温度下箱梁的变形情况,为合拢时机提供依据。

5.6 钢箱梁安装测量

斜拉桥钢箱梁安装和挂索阶段必须对平、竖线形、高程、箱梁长度变形、主塔变形等进行监测,及时掌握结构实际状态,防止施工中误差的积累,保证成桥线形和结构安全。

测量内容主要有:钢箱梁0号块及标准节段的安装测量;线形及主塔偏移测量;桥轴线监测;合拢监测。

5.6.1 钢箱梁0号块及标准节段的安装测量

在0号块钢箱梁吊装前,将平面及高程控制点测控到上、下游塔柱的人洞,同时将高程基准引至塔柱的内侧面,作为0号块钢箱梁安装的平面、线形控制基准。采用全站仪三维坐标法结合GPS卫星定位精确定位0号块钢箱梁,控制钢箱梁线形、轴线及横向坡度。

5.6.2 线形及主塔偏移监测

线形测量主要采用几何水准法。线形监控点布置于桥中线及桥中线两侧。测量前建立闭合水准路线网,确保控制竖直方向(即纵向)线形的准确性。

钢箱梁安装前,进行一次主塔偏移及扭转初始

值观测。主塔偏移及扭转测量监控点设置于横梁、中塔柱及塔顶,共6个,对称布置于桥轴线两侧塔柱处。

钢箱梁安装阶段,按监控指令要求测量不同拼装工序及不同工况下钢箱梁的线形,并同时测量主塔横纵向偏移及扭转。

因斜拉桥线形受温度影响很大,故线形测量应在气候条件较为稳定、日照变化影响较小和气温平稳的时间段内进行。

5.6.3 合拢监测

合拢段钢箱梁安装,应根据制造、施工及温度影响等实际情况,测量合拢段尺寸,同时精确测量线形、端口标高、上下游外腹板处标高、桥轴线偏移以及主塔偏移量。测量合拢口间距,绘制温度间距曲线,以便准确掌握温度与合拢口间距关系,然后根据测量资料认真分析研究,由设计确认合拢段的最佳长度。

6 结语

在海上施工,海面宽阔,自然条件复杂,工程规模浩大。测量工作质量的优劣直接关系到工程质量,为了优质、快速地完成海上桥梁的建设,必须使用科学的测量方法、精良的测量仪器,掌握合适的测量时机,树立实事求是和以数据说话的正确理念。

参考文献

- [1] 周忠谟,易杰军. GPS 卫星测量原理与应用[M]. 测绘出版社,1992.
- [2] 国家测绘局. 全球定位系统(GPS)测量规范[M]. 测绘出版社,1992.
- [3] 杭州湾跨海大桥专用施工技术规范[S]. 杭州湾大桥工程指挥部. 2005.

Construction Survey Techniques for Offshore Bridges

XIAN Zheng-hong¹, LI Ming¹, DAI Yu², LIU Zhen-chuan¹

(Road & Bridge Southern China Engineering Co., Ltd., Zhongshan 528403, China;

2. Road & Bridge East China Engineering Co., Ltd., Shanghai 200135, China)

Abstract: The features of construction survey at sea, selection of instruments, class of control network, measurement and methods of construction survey, and application of GPS survey techniques are discussed in this paper.

Key words: control network; GPS survey technique; comparison and measurement of piling position system; construction survey