

横门北汊—洪奇门疏浚工程的 GPS 监测实践

周清华¹, 伊颖锋², 边立明³

(1. 顺水工程建设监理公司, 广东 顺德 528300; 2. 河海大学岩土工程研究所, 江苏 南京 210098;
3. 广东水利厅, 广东 广州 510150)

摘要: 为确保横门北汊—洪奇门疏浚工程的施工质量, 采用 RTK—GPS 技术进行了水下地形监测. 文章介绍了 RTK 地形测绘系统原理、仪器精度指标及 RTK 检验核方法和坐标转换参数及其设定, 详细说明横门北汊—洪奇门疏浚工程水下地形监测的实施和数据处理的方法, 表明该方法自动化程度高, 提高了测量精度.

关键词: 河口疏浚 水下测量 地形测量 GPS RTK

中图分类号: TV221.1 ; P228.4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-7647(2002) 07-0058-03

按照《1999 年珠江河口疏浚治理工程实施方案》, 横门北汊—洪奇门汇流段疏浚工程于 2001 年实施, 历时 1 年竣工.

该河道疏浚工程自横门北汊的蚊洲山起, 至洪奇门深槽汇合处止, 全长 4.5 km, 疏浚土方约 320.9 万 m³. 上游设计挖槽底宽 400 m, 下游挖槽底宽 885 m, 开挖边坡 1:15, 槽底标高 -6.0 m. 疏浚区平面分布如图 1 所示. 为确保施工质量达到设计要求, 广东省珠江河口整治工程指挥部委托顺水工程建设监理公司就疏浚效果进行监测.

针对传统测量仪器进行水下地形测量效率低、劳动强度高、精度低的缺点, 结合当前全球卫星定位系统(GPS)在我国测量应用已经成熟并逐步普及的趋势, 公司特别引进了经技术监督局卫星定位仪计

量站检定的水上精密测量 RTK-GPS 系统, 成功地完成了监测任务.

1 RTK 地形测绘系统

1.1 系统原理简介

RTK 技术又称载波相位差分技术^[1], 是实时处理两个测站载波相位观测量的差分方法. 它将基站采集的载波相位发送给用户(流动站)GPS 接收机, 流动站在进行 GPS 观测的同时快速求解整周模糊度, 在观测到 4 颗卫星后, 实时求差解算出流动站动态位置的坐标, 其精度可达到厘米级. 该技术的关键是起始相位模糊度的求解问题、高波特率数据传输的可靠性和抗干扰问题^[2]. 可应用于海上精密定位, 水下和陆地地形测图和地籍测绘.

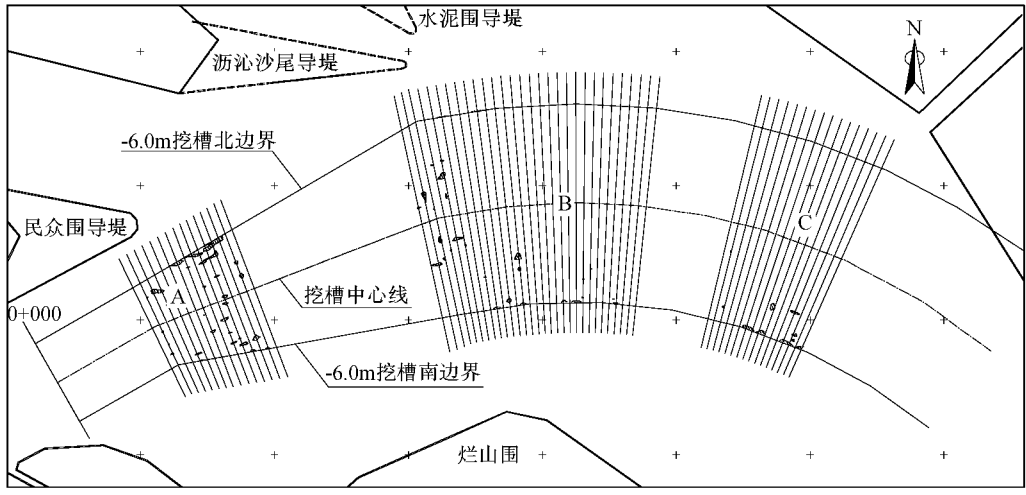


图 1 横门北汊—洪奇门疏浚工程疏浚区平面分布

作者简介: 周清华(1970—), 男, 湖南沅江人, 工程师, 硕士, 主要从事 GPS 监测工作.

我们采用的是结构和算法简单、技术已经成熟的单站差分 GPS(SRDGPS),主要用于小范围的差分定位工作.该系统配置有差分基准站、无线电传输设备、测深仪、计算机及集导航和数据处理、成图于一体的 HYPACK 软件.

1.2 系统仪器精度指标

法国 THALES 公司的 DSNP Aquarius 5001SK/MK GPS 接收机是 OTF 自动初始化的实时动态 RTK 系统,工作条件为 5 颗星以上,12 km 范围. KART 解算 10Hz 更新率,延迟时间小于 0.1 s. KART(RTK)标称精度为 20 mm + 1ppm*X-Y* (95%), 20 mm + 2ppm *Z* (95%), 1 s 更新率.

SDH-13D 测深仪测深标称精度为 ± (0.4% *d* + 5 cm), *d* 为水深值.

2 RTK 检核方法

静态相对定位和快速静态定位方法均有国家标准可循,而 RTK 新技术一经出现就获得迅速广泛的运用,尤其在我国交通和水利建设系统更加普遍,但由于其在我国应用的时间短,国家标准中尚无相应规定.

受卫星相对于测量载体的运动影响,必然存在相位周数的变化,单频接收机用 RTK 法尤其要注意尽量剔除测量粗差的影响^[3]. 我们在监测过程中采用了测前和测后在已知点上检核的办法:将基站和流动站分别置于两已知点上,待流动站进入 RTK 状态后,每隔 10 s 以上采集一次,得到 5 组以上的数据后,关闭流动站后重新启动,重复上述工作两次以上,共获得 15 组以上的数据. 剔除粗差,求得该点平均值,与已知坐标值比较, *X*, *Y* 的误差限制在 3 cm 以内, *Z* 误差限制在 5 cm 以内,互差限为 2 cm.

测前和测后检核通过,测量数据方为有效.

3 坐标转换参数及其设定

GPS 卫星星历是以 WGS-84 坐标系为根据建立的,而要求提交的成果属于 1954 北京高斯平面坐标系^[4],且本工程高程由珠江基面起算,这必然涉及坐标系之间的坐标转换问题,需要求出坐标系统之间的转换参数.

转换参数一般利用重合点的两套坐标值通过布

尔莎公式或莫洛琴斯基公式进行 7 参数计算,包括 3 个平移参数、3 个旋转参数、1 个尺度比例因子. 有关这些公式的介绍在 GPS 相关的测绘专著中都有描述^[5],在此不再赘述.

由于测区面积较小,只需输入 3 个平移转换参数,其余输零即可满足工程施工监测的精度要求^[6],我们由覆盖了疏浚区的 4 个控制点的两套坐标(如表 1 所示)平差后求出由 WGS-84 坐标至北京 54 坐标的转换 3 参数为:

$$\Delta x = -15.791\text{ m}, \Delta y = 154.417\text{ m}, \Delta z = 82.291\text{ m}$$

坐标转换参数在 GPS 接收机的设定方法:对于基站只需选择 WGS-84 椭球参数,输入基站点已知的 WGS-84 经纬度坐标和大地高,同时在流动站 DGPS 接收机自定义情况下,输入克拉索夫斯基椭球参数及上述求得的 3 个平移转换参数,并在 HYPACK 软件环境中选择高斯投影方式(或中央子午线变形系数为 1 的 UTM 投影)输入中央子午线经度值. 这样流动站将获得经过转换的北京 54 坐标.

如果基站自定义北京 54 椭球参数,输入 WGS-84 至北京 54 坐标系的转换参数,则基站坐标可以直接输北京 54 坐标和珠江基面高程,这似乎更符合我们的传统测量习惯.

4 监测计划与实施

按照抽测区不小于整个疏浚区面积的 15% 为原则,我们选取了图 1 中所示的 A,B,C 三块作为监测区,并在测前作好图 1 所示计划线.

根据三测区水质清澈程度与河床质的差异对测深仪确实存在影响的实际情况,我们对测深仪作了相应的声速校正,适当调整船速,从而确保了测深的精度.

卫星天线相位中心和换能器安装在同一铅垂线上,显然,将相位高程减去相位中心到水面的高度 *h*₁,换能器探头的吃水深度 *h*₂ 以及实时的测深,即得到水底的高程. 基于此原理,测前只需测定 *h*₁, *h*₂ 两项,并分别在 HYPACK 和测深仪中设定,因而无需水位改正,即实现了无验潮的水下地形测量. HYPACK 软件还能实时解算出水底测点的北京 54 平面坐标,沿计划线逐条测量,即可采集整个测区水下地形的三维坐标.

表 1 控制点两套坐标数据

点 名	北京 54 坐标			WGS-84 坐标		
	<i>X</i> /m	<i>Y</i> /m	<i>H</i> /m(珠江基面高程)	<i>B</i>	<i>L</i>	<i>H</i> /m
灯笼山	2 492 305. 212	38 459 820. 000	19. 288	22°13′ 38. 293 3″	113°36′ 35. 646 1″	- 40. 410
蚁洲山	2 498 177. 502	38 455 848. 697	30. 474	22°34′ 48. 839 9″	113°34′ 16. 088 3″	- 29. 241
海 景	2 496 135. 392	38 455 720. 369	24. 817	22°33′ 12. 441 9″	113°34′ 11. 802 0″	- 34. 893
冲口门	2 492 066. 747	38 455 490. 728	13. 412	22°31′ 30. 154 2″	113°34′ 4. 176 1″	- 46. 288

测量原始数据在 HYPACK 环境里可以实时图形显示,为现场检查原始测量数据质量和有无漏测提供了方便.

5 数据处理及成图

HYPACK 的原始测量数据文件为包含文件头信息和每个测量设备以时间为序信息的 ASCII 码格式的文件,扩展名为 RAW.

由于水中存在的气泡、急流、暗流、噪声、测量船的剧烈摇摆以及水底淤泥层的厚薄都将影响局部数据的精度甚至失真,有必要对原始数据文件作剔除虚假数据的处理,并作声速校正.之后,以 ASCII 格式保存为扩展名为 EDT 的文件,经水深值选择、排序生成 ASCII 格式的 *.XYZ 文件.

在此基础上,HYPACK 还能生成很直观的可以任意角度观察的数字三维 TIN 模型、二维等高线水下地形图和各测线断面图,根据设计开挖断面模板可按多种算法计算疏浚方量.疏浚后 B 监测区任取其中一断面如图 2 所示,二维水下地形等高线图如图 3 所示.

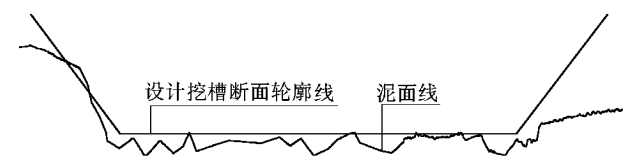


图 2 断面示意图

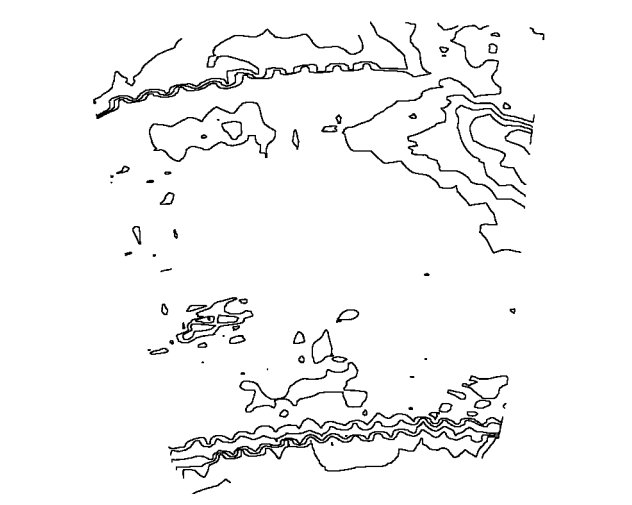


图 3 二维水下地形等高线示意图

6 监测评定

按照 SL17-90《疏浚工程施工技术规范》、设计文件以及甲方在施工合同技术专用条款中的具体要求,根据监测数据、水下地形平面图和纵、横断面图,结合疏浚机具类型从挖槽宽度、挖槽深度、欠挖极限值、边坡、中心纵断面五个方面进行了评定.

挖槽宽度每边最大允许超宽不大于 1.5 m(绞吸式挖泥船);将原始和竣工后测出的水下地形图比

较,判断槽底标高是否满足设计要求、超深是否不大于 0.5 m;欠挖须小于设计水深的 5%,且不大于 30 cm 横向浅埂长度应小于挖槽设计底宽的 5%,且不大于 2 m 纵向浅埂长度小于 2.5 m 边坡是否采用梯形阶梯形开挖法,原则上应为下超上欠,超欠面积比应大于 1,不大于 1.5.

7 结 语

RTK 技术运用计算机进行控制,通过专业软件可以使各点的水深和断面变化情况实时显示,并将测量信息实时解算成坐标,尤其是在 HYPACK 这一集成环境里,可快速生成数字水下地形图、断面图乃至直观生动的三维 TIN 效果图,还有多种疏浚方量算法可供选择.能及时了解疏浚效果,这是过去任何测量方法都无法比拟的,为事前和事中控制决策提供了有力工具,克服了以往测量方法由于效率较低,反馈信息滞后的不足.

由于 RTK 技术测量可以达到厘米级的精度,它不仅能应用于地形测量,还可以进行控制测量,它的优势在于既能实时知道定位结果,又能实时知道定位精度,可以大大提高作业效率.除了高精度的控制测量仍采用 GPS 静态相对定位技术之外,小区域的工程地形测图控制测量都可采用这一技术.

目前,在 GPS 卫星信号接收的遮蔽地带,仍需使用全站仪、测距仪、经纬仪等测量工具,采用解析法或图解法进行细部测量.但我们相信,随着 RTK 技术日新月异的发展,它在今后测量领域的应用肯定会更加广泛.

参考文献:

- [1] 徐绍铨,张华海,杨志强,等. GPS 测量原理及应用[M]. 武汉:武汉测绘科技大学出版社,1998. 79~82.
- [2] 梁开龙. 水下地形测量[M]. 北京:测绘出版社,1995. 23~35.
- [3] 魏子卿,葛茂荣. GPS 相对定位的数学模型[M]. 北京:测绘出版社,1996. 105~129.
- [4] GB/T 18314-2001,全球定位系统(GPS)测量规范[S].
- [5] 刘基余,李征航,王跃虎,等. 全球定位系统原理及其应用[M]. 北京:测绘出版社,1993. 211~219.
- [6] 高成发. GPS 测量[M]. 北京:人民交通出版社,1999. 179.

(收稿日期 2002-09-10 编辑 熊水斌)

