

# 差分技术在海洋测量中的应用研究

康金铁

天津路航船务有限公司

DOI:10.32629/gmsm.v2i4.219

**[摘要]** 我国在进行卫星定位导航时会使用到一种名为差分技术的科学技术,差分技术的应用其实比较广泛,除了在卫星导航中应用,还会应用到海洋测量中。差分技术的有效使用对系统误差的有效消除有较大帮助,可以使很多问题得到有效解决,信息获取和处理的精度也能得以提高。本文针对差分技术在海洋测量中的应用这个问题,围绕着无线电定位、卫星定位等几个方面来展开探究,希望对差分技术的应用有所助益。

**[关键词]** 卫星定位; 差分技术; 海洋测量

差分概念有着悠久的历史,所包括的内容也比较多,按照不同的分类方式可以将差分技术所包括的内容分为几大板块,相关技术人员在进行卫星导航定位时可以根据实际情况在卫星导航定位中选择合适的差分技术,从而得到精准的结果,这样的技术在海洋测量领域也同样适用。由于差分技术包括的内容比较多而且具有一定的复杂性,因此相关技术人员在进行差分技术的应用时,一定要熟悉差分技术的原理,以及熟练掌握差分技术的具体应用方式,如果相关技术人员对差分技术的相关原理和应用方式不够熟悉,在具体应用过程中出了纰漏,就会产生无法预计的后果。

## 1 无线电导航差分定位

测距(圆-圆)定位和距离差(双曲线)是无线电定位的两种方式。此处以双曲线作为例子进行分析。如果想要测得船体所在位置,可以通过双曲线的活动轨迹和原理来进行精准测量。下面所列公式是根据三个岸台给船台发送的无线电信号,再对它们之间的相位差进行一一测量后所求得距离差。

即:

$$D_0 - D_1 = \lambda \left( \frac{\Delta\phi_1}{2\pi} \right)$$

$$D_0 - D_2 = \lambda \left( \frac{\Delta\phi_2}{2\pi} \right)$$

通过测量时差进行双曲线定位是脉冲相位双曲线中远程导航定位系统罗兰-C,即

$$D_0 - D_1 = (T_1 - \varepsilon_1) \frac{c}{a}$$

$$D_0 - D_2 = (T_2 - \varepsilon_2) \frac{c}{a}$$

可以通过差分罗兰-C的方法来提高罗兰-C在某一海域的定位精度,在需要改善定位精度的海域内安装罗兰-C监测接收机,时间偏差可以通过使用监测接收器测量出来,测量

区域附近的测量时差的改正量可以通过监测接收机所在位置预先获得的长期的平均时间差得出,附近海域的测量船接收到改正量后,修正接收机时间差的读数。定位精度可以通过这种方式大幅提高。即

$$D_0 - D_1 = (T_1 + \Delta_{t_1} - \varepsilon_1) \frac{c}{a}$$

$$D_0 - D_2 = (T_2 + \Delta_{t_2} - \varepsilon_2) \frac{c}{a}$$

## 2 卫星导航差分定位

卫星定位基本上实施24小时“工作制”,而且在全世界无论哪个位置都能够进行定位,还具有精确度较高的优势,因此,卫星导航定位系统得以在海洋测量领域也能够充分发挥其优势,为海洋测量领域作出突出贡献。

但是,相关技术人员在利用GNSS进行测量定位时,也会受到诸如星历误差、星钟误差等误差源的干扰而导致常规的单点定位精度有所降低。因此,这就要求相关技术人员在进行测量时尽可能地避免受到这些误差源的干扰,或者尽可能地降低这些误差源对实际测量过程和结果的影响,在实际测量中保持认真严谨的态度,而且相关技术人员应当清楚尽管能够通过某种方式使误差得以削弱,但是仍无法避免大部分应用受到残差带来的影响。

GNSS相对定位即差分GNSS定位的优势在于能够最大程度地提高GNSS的定位精度,使相关技术人员在利用GNSS进行定位时,精度能达到最高级别,从而使测量结果的误差率降至最低,在海洋测量的实际操作中也可以避免很多麻烦,实现提高海洋测量工作效率的目标。在进行GNSS定位时,如果两个定位点处于所划定的区域范围内,且距离比较近,就可以通过对电离层和对流层的误差相关性进行测量,同时也可以有效利用星历误差和星钟误差的共同属性进行测量。因此,如果在位于陆地的基准站和位于海面的流动站上分别安置两台GNSS接收机,对相同的卫星进行同步观测,进而完

成差分定位的操作便是依据以上相同影响误差的基本概念所设计的。

### 2.1 坐标差分

相关技术人员也可以通过坐标差分技术的原理进行定位测量,例如在刚开始进行 GNSS 定位时,在定位点精度要求不高的前提下,A 站和 B 站受到各种误差的影响可以被认为是基本相同的。也就是说流动站坐标的已知值和观测值之差与基准站的两值之差是相同的<sup>[1]</sup>。

可设  $(X_A, Y_A, Z_A)$  为基准站的坐标已知值,这个坐标的精度较高,基本可以不用考虑会存在较大误差。除此之外,基准站的坐标观测值也具有同样的精度  $(X'_A, Y'_A, Z'_A)$ 。图 1 为 GNSS 差分示意图。

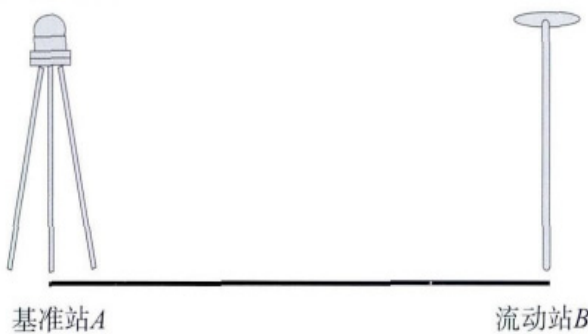


图 1 GNSS 差分示意图

可设  $(X_B, Y_B, Z_B)$  为需要进行求值的流动站坐标已知值。另外通过 GNSS 定位可以获得流动站的坐标观测值  $(X'_B, Y'_B, Z'_B)$ 。

$$\begin{cases} \Delta X = X_A - X'_A \\ \Delta Y = Y_A - Y'_A \\ \Delta Z = Z_A - Z'_B \end{cases}$$

流动站的三维坐标和基准站接收机的位置改正值都是  $(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)$  通过流动站接收机得到的,然后再使用基准站接收机的位置改正值将自己所测得的三维坐标予以改正  $(X'_B, Y'_B, Z'_B)$ ,则有:

$$\begin{cases} X_B = X'_B + \Delta X \\ Y_B = Y'_B + \Delta Y \\ Z_B = Z'_B + \Delta Z \end{cases}$$

流动站用户只需要发送三个差分数据,也就是 3 个坐标改正数  $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ ,基准站就可以进行坐标差分。以上演算实践可以证明,如果流动站接收机和基准站接收机之间的距离大于 100 km,流动站用户的位置精度就无法通过坐标差分技术得到显著提高。

### 2.2 伪距差分

相关技术人员可以通过对伪距差分技术的应用进行定位测量,伪距差分技术的原理实则就是流动站伪距通过基准站伪距校正量得到校正,基准站和流动站实际上存在着一定的公共误差,但是这些像是卫星星历误差、大气传播延迟误差等误差源对基准站和流动站造成的影响都是可以通过伪距差分技术来减弱的。已知的基准站坐标和卫星坐标可以用在基准站到卫星距离的求值上,通过比对基准站到卫星的距离和接收机测量的伪距,从而得到伪距改正数及其变率。流动站负责接收所有卫星的伪距改正数及其变率,流动站的精准坐标可以通过对伪距改正数及其变率的利用改正相应的伪距而得到。

可以将基准站设为 r,将卫星设为 j,两者之间在 t 时刻的伪距设为  $p_r^j(t)$ ,从理论上来说,基准站和卫星之间的距离可以被设为  $p_{r0}^j(t)$ ,那么便可以得出伪距和理论距离之间的差值为:

$$\Delta p_r^j(t) = p_r^j(t) - p_{r0}^j(t)$$

经过改正的伪距由流动站 k 接收机收到此伪距改正数,加上自身测量的伪距得到:

$$p_{k0}^j(t) = p_k^j(t) - \Delta p_r^j(t)$$

流动站接收机通过接收来自基准站接收机的伪距改正量在测量伪距时来进行对自己测得的伪距予以修正,如果基准站与流动站之间距离比较远,星历误差和大气传播延迟的误差就不能对两个站造成相同的影响,以上做法也就失效了。

### 2.3 相位差分

除了坐标差分技术和伪距差分技术以外,相关技术人员还可以利用相位差分进行 GNSS 差分定位。相位差分技术的应用原理其实就是通过基准站和流动站载波相位观测量形成的差分来进行精度较高的定位<sup>[2]</sup>。通过这种定位方式能够使卫星星历误差、大气传播延迟误差等误差源对测量结果的影响得到大幅度减弱。与伪距差分测量法相比,两种测量方法的差分数据有所不同,载波相位差分测量法的差分数据是载波相位校正,而伪距校正则是伪距差分测量法的差分数据。

将通过基准站接收机 r 的利用测得载波滞后相位设为:

$$p_r^j(t) = \lambda N_r^j + \lambda C_r^j(t) + \phi_r^j(t) = p_n^j(t) + \frac{A_r^j(t)}{f} \lambda + C [dt_r^j(t) - dT_r(t)]$$

基准站 r 到第 j 颗 GNSS 卫星在时元 t 的真实距离  $p_{r0}^j(t)$  是根据在时元 t 的在轨位置上的基准站 r 的已知三维目标和第 j 颗 GNSS 卫星算得,进而使 GNSS 载波相位测量的校正值得求得。

$$p_n^j(t) - [\lambda N_r^j + \lambda C_r^j(t) + \varphi_r^j(t)] = \Delta \varphi_r^j(t)$$

$$= -\frac{A_r^j(t)}{f} \lambda - C [dt_r^j(t) - dT(t)]$$

流动站 k 接收机所测得的载波滞后相位为:

$$p_k^j(t) = \lambda N_k^j + \lambda C_k^j(t) + \varphi_k^j(t)$$

$$= p_{kt}^j(t) + \frac{A_k^j(t)}{f} \lambda + C [dt_k^j(t) - dT_k(t)]$$

基准站所发送的 GNSS 载波相位测量校正正值  $\Delta \varphi_r^j(t)$  被流动站接收机所接收, 并用来进行流动站所测得的载波延迟相位, 即有  $p_k^j(t) = p_{kt}^j(t) + \Delta \varphi_r^j(t)$  流动站用户的三维位置通过流动站接收机和基准站接收机均观测了 4 颗以上的在视 GNSS 卫星获得。

### 3 水位控制技术中的应用

#### 3.1 平均海面差分传递

作为近似代表地球的形状和深度基准面的参考面, 平均海面在海洋测绘中占据着重要的位置, 而海洋测绘中更为重要的就是多年平均海面<sup>[3]</sup>。众所周知, 验潮站经过多年观测才能得出多年平均海面, 但是, 实际上不可能在现实中的海洋区域内布设理想密度的验潮站观测潮汐, 因此, 通过对具有差分意义的平均海面传递技术来确定多年平均海面就非常有必要了。

#### 3.2 深度基准面差分传递

短期验潮站和临时验潮站由于验潮时间的限制, 和长期验潮站一样按照规范进行深度基准面的计算显然是不现实的, 这就要求相关技术人员必须掌握深度基准面差分传递的技术来进行对深度基准面的精准测算。

### 4 结束语

近几年来, 科学技术的迅速发展给产业的发展带来了一系列的福音, 差分技术不仅能应用在卫星导航定位中, 还能够在其他方面充分发挥其优势, 例如海洋测量方面。实际上差分技术在海洋测量中的应用并不仅仅只是无线电导航差分定位和卫星导航差分定位, 但是由于篇幅的限制, 本文仅涉及这两部分。总的来说, 本文针对差分技术在海洋测量中的应用进行一系列的研究, 主要围绕着导航的两个部分展开, 其中卫星导航差分定位又分为坐标差分法、伪距差分法和相位差分法, 关于差分技术在水位控制技术中的应用, 本文仅作简单拓展。在这两个部分中, 本文利用公式进行分析和研究以便让研究结果更具有合理性, 希望对差分技术在海洋测量中的应用有所助益。

### [参考文献]

- [1]佚名. 差分定位技术在移动式钻井平台拖航与就位作业中的应用[J]. 天津科技, 2018, 45(1): 92-95.
- [2]赖斌. RTK 技术在水下地形测量中的应用分析[J]. 化工管理, 2018, (5): 170.
- [3]董江. 海洋测绘中 GNSS 差分定位的方法与精度[J]. 导航定位学报, 2018, 6(02): 111-115+127.