

遥感图象在海岸带测图中的应用

吴家乃

(工程勘测系)

1 概 述

海岸带测量, 由于海滩上测船测深比较困难, 地形动态变化异常迅速, 常使常规陆测方法不能应用自如, 测量周期较长, 难以保证测图的现势性。特别是对宽阔易陷地区(如淤泥质海岸)的测量, 常规测量方法更难以进行, 因此使个别区域的海滩地形图存在空白区。目前, 人们已应用遥感技术进行海岸带测量。这种应用, 在国外尚处于试验阶段, 国内也只是初步尝试, 且受到技术、使用及经济条件的限制, 因此离大规模的推广还有一段距离, 必须进行进一步的研究。

从 1985 年起, 笔者在浙江省慈溪县海王山地区淤泥滩海岸观测研究和江苏省如东县洋口港地区海港可行性布置方案研究中, 应用遥感技术进行了海岸带测图。在遥感测深方面, 由于设备和经济条件的限制及当地水体的严重浑浊, 只对几种遥感测深进行了进一步研究。在海岸线和海滩地形的确定方面, 对遥感图象作了较详细的目视判读(解释), 并与实测海岸带图进行了比较。本文主要介绍笔者在海岸带测图中应用遥感技术的一点体会。

2 遥感测深技术在水深测量中的应用

遥感测深一般与水质及水底底质有关, 水的透明度好, 海底物质组成均一, 就容易解决, 若水体浑浊度很高, 遥感测深则难以解决。

2.1 应用激光测深仪测深

2.1.1 应用机载激光测深仪测深

由于无线电电磁波入水深度有限, 因此在深水情况下的遥感测深比较困难。国外试制成功的机载激光测深仪主要适用于水深小于 50m 的清晰度好的浅水域。据日本报导, 该测深仪的经济效益是船载回声测深仪的 8 倍。现介绍其基本原理^[1]。

机载激光测深公式

$$Z = \frac{V'(t_1 - t_2)}{2}$$

式中 Z ——水深, V' ——光在水中的传播速度, t_1 ——激光从飞机到达海底并返回到飞机所需的时间; t_2 ——激光从飞机到达海面并返回到飞机所需的时间。

机载激光测深方式与回声测深仪相似, 它通过测量光的传播时间来完成测深工作。由于

激光器每次发射出的激光脉冲,一部分从海面反射回来,另一部分从海底反射回来,因此可得式中的 t_1, t_2 。一般机载激光测深系统使用两个激光束,红外线光束垂直下射,为飞机提供高度参数(红外线光束不入水)和分系统触发脉冲;红外线光束的信标即绿色激光束用于入水测量。

上式 V' 是光在真空中的传播速度 ($c=299\,792.5\text{km/s}$) 和水中折射系数 $n\lambda$ 的函数,得

$$V' = c/(n\lambda)$$

$n\lambda$ 与海水温度和含盐度有关。当温差为 5°C 时, $dV' \approx \pm 5\text{km/s}$; 含盐量变化 5% 时, $dV' \approx \pm 200\text{km/s}$ 。当波长 $\lambda=0.53\mu\text{m}$, 水温为 15°C 时, V' 为 $224\,496\text{km/s}$ 。

激光测深的有效范围首先取决于光在海水中的衰减程度和精度要求。脉冲持续时间也是一个决定因素。激光测深系统的激光发射器一般采用含有钕—铝—石榴石的钕激光器 (Nd:YAG), 它能获得比较满意的相对比值,能发射出波长为 $1.060\mu\text{m}$ 的激光。由于激光是信标的,信标后的激光波长可达 $0.53\mu\text{m}$, 从而产生了上述两种波长的激光。波长为 $0.53\mu\text{m}$ 的激光,对穿透近岸水域的水深极为有利,但也受到水的混浊度的影响。

2.1.2 应用卫星激光测深仪测深

卫星激光测深时,不象机载激光测深仪那样可沿测线方向进行,因此必须与多波段摄影或扫描系统相结合,同时给出水深数据和海底地形信息资料。多波段摄影或扫描系统可同时在几个狭窄的可见光或近红外光谱带上获得图象。由于不同的光谱波段,其渗透海水的深度不同,因此可利用这不同光谱波段所拍摄的象片组,与不同深度的等深线相对应^[2]。

将多波段测量所获得的浅水海底地形图象,与激光测深系统所得资料相结合,即可获得较高质量的近岸海底水深图。不过,这也限于在海水比较清澈的情况下才能做到。

2.2 根据传感器亮度提取水深信息

陆地卫星传感器对海洋区域所获取的光亮度信号可用下式表示^[3]:

$$V = V_{so} + V_{ro} + V_w + V_b \quad (1)$$

式中 V ——陆地卫星传感器输出的光亮度信号; V_{so} ——大气层辐射的光亮度信号; V_{ro} ——海水表面直接反射的光亮度信号; V_w ——光进入水中后,由水体内的分子及粒子向上散射返回水面处的光亮度信号; V_b ——由海底向上反射的光亮度信号。

若掌握了试验区海面上的大气柱辐射状况,并进行了大气校正,而且所选择的试验区海水透明度与底质都较好,海水中的水分子及粒子的散射作用比较均匀, V_{so} 及 V_w 较小,可忽略不计,则式 (1) 可写式

$$V = V_{ro} + V_b$$

其中

$$V_b = V_0 \cdot e^{-2aZ}$$

所以

$$V = V_{ro} + V_0 e^{-2aZ} \quad (2)$$

则

$$V_0 = K_s \frac{T_1 T_2}{n^2} E_0 T \frac{r_0}{E} \quad (3)$$

式中 K_s ——传感器灵敏度系数; T_1, T_2 ——水面透射比 (0.98); n ——水的折射系数 (约 1.33); E_0 ——海面辐射照度; T ——大气辐射透射比, $T = e^{-\tau}$; E ——大气光学厚度; r_0 ——海底反射率 (海底为漫反射); a ——海水对光波的衰减系数 (是波段的函数); Z ——水深 (m)。

将式(2)两边取对数,得

$$Z = -\frac{\ln(V - V_{so})}{2a} + \frac{\ln V_0}{2a} \quad (4)$$

从式(4)可知,当测区水底底质为均质的浅海区,则 r_0 为常数。这样,在该地区确定某一剖面线,当卫星过境时,测船同步测出 V_{so} , a , T_1 , T_2 , r_0 , Z 以及垂直向上的辐射亮度 V 及 V_0 等,然后按这些值建立回归方程

$$Z = -b \ln V + a \quad (5)$$

根据大量施测的对应值 V_i , Z_i 求回归系数 a , b 。以此为依据,按卫星磁带象元的相应 V_i 值求得 Z_i 值。

其中水深误差随水深的增大而变小。

3 遥感图象在海滩地形测量中的应用

3.1 应用航片确定海岸线

海岸线一般是指平均大潮高潮位时所形成的实际痕迹线。在海岸带测图时,痕迹线的显示在地貌、植被、土质等方面的特征是清晰的,在航片上亦具有一种特殊的线状特征,可供目视判释。

慈溪海王山地区,中部海岸线是在一砂砾质的人工护坡与海堤所构成的击浪区带上确定,两端海岸线是在纯属淤泥质海岸上确定。于是,我们一般采用海蚀陡崖的坡脚线的连线,或海陆交界处呈一海蚀的狭长带状影象的靠陆一侧的边线,作为中部海岸线。这类特征线在航片(黑白片)上非常清晰,可以判读。在两端,淤泥质海滩宽广而坡缓(指海岸线到理论深度基准面零米线之间),由于潮位的影响,其干出率不同,从而导致地面光谱特性存在一定的差异,因此主要根据植被、土质分布类型进行判读。海岸线以上,一年内被海水淹没时间很短,土壤脱盐程度较好,植被茂盛,由于植物反射光谱的强度设有干露呈盐霜的泥滩地大,这部分在航片上呈黑色或黑色斑点的深灰色影象,根据此黑色影象的外缘边线勾绘出海岸线。海岸线以下,稀疏地生长一些耐盐的盐蒿和碱蒿,这些矮小的植物群体,在航片上略为色调变深,呈灰色影象,而无深色阴影。

洋口港的干出滩部分全为铁板砂,属砂质海岸,滩面宽广。海岸线向陆一侧,一种是宽广的平原或丘陵地,在航片上呈深色影象(黑白片);另一种是海蚀陡崖,在航片上呈勾谷纵横,色调的条纹深而成花纹。海岸线向海一侧为浅色砂砾,地面光谱反射率较强,航片上呈浅色影象,有时呈现白色条带。因此上述海岸线,航片上即为深浅两色交界处的灰色条带状影象的靠陆一侧的内线。其中要注意航片的季节差别,最好还应有实地调查资料作参考。

判读这些岸线时还应注意不同海岸段之间的差异。作为判读者,最好进行详细的实地地貌调查,以了解海岸线的地貌特点及其上下两侧地质、植被、土壤等的差异。有条件的情况下,在拍摄航片后的同时应同步测定它们的地面光谱特性,供判读时参考。

3.2 应用航、卫片测定海滩地形

假设水边线是某一水平面与海滩倾斜面的交线,则随着涨落潮的变化,水边线的轮廓线即为显示海滩滩面地形高程的等高线。不过,这是由附近某验潮站所控制范围内的滩面高程而定。因此在航、卫片拍摄的同时,应进行同步的验潮或加设临时验潮站,目的是为了克服

各地涨落潮时和高程差异所引起的水边线瞬时高程的偏差。验潮连续性好,就可得到每次拍摄的瞬时潮位高程,从而获得较好的海滩地形信息。慈溪以海王山水文站的潮位为依据,而洋口港设置了临时水尺,得到了完整的潮位纪录。

拍摄水边线的时间是不可能相同的,拍摄的时间应尽可能选在大潮汛和海况良好的时间为宜,从高潮开始按规定时间间隔拍摄,直至低潮为止(退潮时间一般长于涨潮时间)。在此段时间内,最理想的是采用直升飞机按一定的时间间隔,进行实地拍摄。拍摄的时间间隔,若用红外摄影,不受白天、黑夜的限制,拍摄的重复频率一般按测图要求而定。如1m等高距的测图,拍摄时间间隔根据间隔内潮位变化小于1m的要求而定。由于我们条件不够,因此在慈溪采用军测1982年拍摄且纠正过的航片,进行拼接,勾绘了当时的水边线,查对了水位,并进行了水位等改正,发现与目前所测海岸图中等高线变化有相似之处。

由于陆地卫星象片所拍摄的范围较广(185km×185km),获得的水边线很长,且各地涨落潮时刻不一致和验潮站设立不够,因此使水边线高程计算存在一定的困难。所以,在求算水边线高程时必须进行必要的相关推算及各项修正(如高程修正及理论深度基准面修正)。

这种方法的优点是:(a)可解决宽阔海滩地区的测图工作;(b)速度快;(c)费用省(与常规测量相比,可节省费用约50%~60%)。

4 海岸带测图中的问题与前景

笔者从实践中认识到,遥感测量有可取之处,也有不足之处。

4.1 存在的主要问题

(a) 遥感测深与常规测深相比,其误差大,精度低。主要原因是:遥感本身的技术问题,遥测时间与实测时间不能同步,光学干扰大,定位条件差。

(b) 用陆地卫星数据水深信息作为剖面水深控制数据,实际是一种外推法,即在海况大致类似的水域,用少数已知水深数据外推附近未知区域或危险区域的水深资料,同时提供现势性好的海底地形资料。这是比较困难但又有价值的工作,只能在海水清澈的情况下才可以应用。象我国淤泥质海岸,遥感测深是无法应用的,故在这种情况下,遥测水深是有不少问题需要进一步研究的。

4.2 前景

(a) 卫星资料具有面积广、资料新等优点,用于浅海障碍物普查十分有效。

(b) 在海岸线确定方面具有较好的方向性。象片上预选定位,加上实地调查,能提高正确性。

(c) 对海岸带测图中的海滩地形进行同步水位观测,以及利用直升飞机进行同步观测,是值得尝试和研究的。利用退潮时间段的多时相摄取的水边线进行海滩地形测制,是一个发展方向,对受涨落潮影响较大、变化复杂的滩面冲淤地形具有特殊作用,对港汊的演变尤为明显。

综上所述,尽管遥感测图工作受到许多条件的限制,但遥感技术在海岸带测图中的应用已展示了可喜的前景。特别是SPOT卫星(法国)和美国陆地卫星5号的分辨率大有提高,还增加了入水性更强的TM波段,完全有可能满足1/50000图件的测制精度。因此,卫星资料在海岸带的应用中定能起到更大的作用。

参 考 文 献

- 1 Lillesand T M, Stevens A Lan R. 遥感技术译文集 (第一辑). 北京: 测绘出版社, 1981: 1~23
- 2 许陈忠等. 水深航空多光谱遥感的初步研究. 海洋学报, 1982; 4 (3): 346~356
- 3 武汉地质学院北京研究生部, 海军海洋测绘研究所联合遥感应用课题组. 陆地卫星数据的水深信息提取——以闽江口附近海域为例. 海洋测绘, 1985 (2): 37