

海岸带测图中的几个问题

吴家乃

(河海大学)

朱梅心

(南京航务工程专科学校)

摘要 本文针对海洋工程建设中的海岸带测图与规划设计阶段经常遇到的几个问题作了较详细的探讨。如：(1)理论深度基准面的确定；(2)海岸线位置的确定与长度量测；(3)海图与陆图之间坐标、高程的转换。并针对上述问题提出了某些建议。希望能对这些问题上的模糊概念有所澄清，有利于有关的生产和科研工作的顺利进行。

关键词：海岸带；海岸线；投影；平均高潮位；平均海平面；分潮；理论深度基准面

引言

海岸带是一条从陆到海的过渡地带，其围范是指自海岸向陆伸延10公里的陆地，向海至-15m的等深线的浅海狭长地带。海岸带内包括有潮上带、陆地、潮间带滩涂和潮下带浅海水域。我国海岸带是一条从南到北的狭长地带，带内有较多的大、中城市、港口、工业基地和水陆运输系统，加之历史上经济发展所留下的不同痕迹，使得海岸带具有复杂、多样化的地物、地形。在海岸带测图时这些特殊性必须加以考虑，如：滩地表面形态特征除等高线外还有海岸线、潮水沟、植被、海堤、避潮墩、晒盐墩以及人类活动要素等。除此以外，海岸带对国土的界线划分还有其重要意义。一个沿海国家除领空外，领土与领海都要在海岸带测图中区分出它的界线来，这涉及到许多原则性问题。据根几年来海岸带测图的经验，有些问题值得进一步探讨。如：对于沿海的滩涂地带，它属于潮浸带，但归属于陆域还是海域，国际上尚有争议，我们如何根据具体的情况既合理又现实地确定出其中的海岸线呢？领海中的内海部分是海岸带测图中的主体之一，为了确定其水深，将如何合理地确定理论深度基准面与计算方法？海岸带测图中经常用到海图与陆图，它们之间的关系怎样？如何互相换算、参考、应用等等。本文针对上述这些问题进行综述和探讨。

1 理论深度基准面的确定

众所周知，我国高程系统现已定为“85国家高程基准”系统，全国海、陆领土以内的土地高程基准都将归化到这个基面上进行测算，但在水域方面，为了航运的畅通，水下地形的直观性强，不出现负水深记录，在水下地形测量中经常用到航行深度基准面、绘图基准面以及理论深度基准面来作为计算水深的起始面。前两种基准面在我国内河航运图中采用。理论深度基准面一般在海图中采用，即取近似于最低潮面（又称理论最低潮面）。其值由当地潮汐性质和潮汐资料计算而得，其概率应为90%或95%的低潮面要在理论深度基准面之上。我国海图的高程，陆上以85高程基准面，而水域用当地平均海水面向下计算的最低潮面，即理

论深度基准面。

各国选用的潮面各不相同。1956年,中、苏、朝、越四国在北京召开的海道测量会议上决定,共同采用理论最低潮面作为深度基准面。从此以后,海图一直采用这一深度基准面。1975年7月16日我国交通部、国家海洋局和海军司令部颁布了“各开放港口及有关地区深度基准面数值”,发送各有关单位使用。

理论深度基准面的确定,首先要求出平均海面。因为海面的升降,主要是月球与太阳引力的结果,但也同时受地球动力和气象因素影响,产生短期扰动。计算当地平均海面的过程时,要将这些扰动影响基本消除。平均海面就是根据当地选定的验潮站,现测9年以上的潮位资料(愈长愈好),采用潮高平均法或高低潮平均法计算获得的。

海港复杂地区的潮汐被认为是由许多不同的分潮所组成,分潮随地区而异,有平均振幅(即平均半日潮差) H 和迟角 K (即相位)。 H 决定了这个分潮的潮高, K 决定了这个分潮的潮期, H 和 K 就是调和常数。这样就把复杂的潮汐现象分解成许多简单常数的分潮表示。一般经常采用的分潮数有 $M_2, S_2, N_2, K_2, K_1, O_1, P_1$ 和 Q_1 8个。各地又可结合当地情况增加,如:上海的吴淞站涨潮为5小时,落潮为7小时,就增加三个浅海分潮 M_4, M_6, M_{14} ,共11个分潮的调和常数表示。再通过计算得出理论上的最高和最低潮面,其最低潮面就是理论深度基准面。当然它必须保证绝大多数低潮都要高于此深度基准面,保证率不小于90%。还要进行一些平均海面的改正,特别在范围大的地区,再进行一些人为的调整,使相邻各验潮站的深度基准面之间关系合理,使理论最低潮面的连线与调整后的平均海面基本相似。

如上所述,理论深度基准面即理论上采用的距平均海面为 L 值的一个计算深度用的基准面。计算 L 值的方法,有略最低低潮面、理论最低(或最高)潮面(弗拉基米尔法)和BPF法。

1.1 略最低低潮面计算法^[1]

我国过去曾经采用过这种方法。但由于它计算中考虑了日潮的作用,不能反映潮汐变化本身的复杂关系,特别是高、低潮不等的特征不能体现,以致有的港口出现低潮面落在此基准面之下,所以目前建议不用该法。

1.2 弗拉基米尔法

苏联在平均潮差超过50cm的海区海图采用此基准面。1956年以后,我国亦开始采用,它主要用8个分潮进行组合计算。

由潮汐理论可知,从平均海面起算的各分潮潮高公式^[2],取其中对潮汐影响较大的8个分潮组成的潮高公式,经变换简化得:

$$L_8 = (fH)_{K_1} \cos \varphi_{K_1} + (fH)_{K_2} \cos (2\varphi_{K_1} + 2g_{K_1} - 180^\circ - g_{K_2}) \\ - \{ \sqrt{[(fH)_{M_2}]^2 + [(fH)_{O_1}]^2 + 2(fH)_{M_2} \cdot (fH)_{O_1} \cos [\varphi_{K_1} + (g_{K_1} + g_{O_1} - g_{M_2})]} \\ + \sqrt{[(fH)_{S_2}]^2 + [(fH)_{P_1}]^2 + 2(fH)_{S_2} \cdot (fH)_{P_1} \cos [\varphi_{K_1} + (g_{K_1} + g_{P_1} - g_{S_2})]} \\ + \sqrt{[(fH)_{N_2}]^2 + [(fH)_{Q_1}]^2 + 2(fH)_{N_2} \cdot (fH)_{Q_1} \cos [\varphi_{K_1} + (g_{K_1} + g_{Q_1} - g_{N_2})]} \} \quad (1)$$

式中 f 为各分潮的节点因数。当计算半日潮港 $N = 180^\circ$,计算日潮港 $N = 0^\circ$,则 f 值为:

H, g 为已知的分潮调和常数,相角 φ_{K_1} 按 15° 为间距变化($0^\circ, 15^\circ, \dots, 345^\circ$),选出其中 L_i 绝对值(负值)最大的,即理论深度基准面至平均海面的高度。若要顾及浅海影

分 潮	M_2	S_2	N_2	K_2	K_1	O_1	P_1	Q_1	M_4	M_6	M_{s_4}	S_4	S_{sa}
$N=180^\circ, f$	1.038	1.000	1.038	0.748	0.882	0.806	1.000	0.807	1.077	1.118	1.038	1	1
$N=0^\circ, f$	0.963	1.000	0.963	1.317	1.113	1.183	1.000	1.183	0.928	0.094	0.963	1	1

响, 则还要进行浅海分潮 M_4 , M_6 , M_{s_4} 的改正, 其公式为:

$$L_{11} = L_8 + (fH_{M_4} \cos \varphi_{M_4} + (fH)_{M_6} \cos \varphi_{M_6} + (fH)_{M_{s_4}} \cos \varphi_{M_{s_4}}) \quad (2)$$

式中, $\varphi_{M_4} = 2\varphi_{M_2} + 2g_{M_2} - g_{M_3}$ $\varphi_{M_6} = 3\varphi_{M_2} + 3g_{M_2} - g_{M_6}$

$$\varphi_{M_{s_4}} = \varphi_{M_2} - \varphi_{S_2} + g_{M_2} + g_{S_2} - g_{M_{s_4}}$$

$$\varphi_{M_2} = t g^{-1} \left\{ \frac{(fH)_{O_1} \sin(\varphi_{K_1} + g_{K_1} + g_{O_1} - g_{M_2})}{[(fH)_{M_2} + (fH)_{O_1} \cos(\varphi_{K_1} + g_{K_1} + g_{O_1} - g_{M_2})]} + \pi \right\}$$

$$\varphi_{S_2} = t g^{-1} \left\{ \frac{(fH)_{P_1} \sin(\varphi_{K_1} + g_{K_1} + g_{P_1} - g_{S_2})}{[(fH)_{S_2} + (fH)_{P_1} \cos(\varphi_{K_1} + g_{K_1} + g_{P_1} - g_{S_2})]} \right\}$$

若要顾及气象影响, 则还要进行气象分潮 S_a , S_{sa} 改正, 其公式为:

$$L_{13} = L_{11} + H_{S_a} \cos \varphi_{S_a} + H_{S_{sa}} \cos \varphi_{S_{sa}} \quad (3)$$

式中 $\varphi_{S_a} = \varphi_{K_1} - \frac{1}{2}\varepsilon_2 + g_{K_1} - \frac{1}{2}g_{S_2} - 180^\circ - g_{S_a}$

$$\varphi_{S_{sa}} = 2\varphi_{K_1} - \varepsilon_2 + 2g_{K_1} - g_{S_2} - g_{S_{sa}} \quad (\varepsilon = \varphi_{S_2} - 180^\circ)$$

上述(1), (2), (3)式就是按8、11、13个分潮改正时的电算法计算理论深度基准面的表达式, 可编程序计算^[2]。

1.3 BPF法(近最低潮面法)^[1]

该法是我国科学院海洋研究所和国家海洋局科技情报研究所提出的。其基本原理是一个人为规定的深度, 即从海平面向下计算的深度公式:

$$L = (C + D_P + EF) B \quad (4)$$

式中, 系数 C , D , E 由实测水位按频率0.14%所确定的水位通过回归分析求得, 而 B , P , F 分别代表标准差、偏度和峰度, 它们可由调和常数和气象扰动水位的标准差计算出来。若引入分潮系数平均值, 且合并简化后得:

$$B = \left[\frac{1}{2} H_{S_P}^2 + H_{S_a}^2 + 1.077 H_{O_1}^2 + 1.138 H_{K_1}^2 + 1.042 H_{M_2}^2 + 1.084 H_{S_2}^2 \right] + B_b^2 \quad \frac{1}{2}$$

$$P = \frac{1}{\beta^3} \left\{ 1.75 H_{O_1} H_{K_1} H_{M_2} \cos(g_{O_1} + g_{K_1} - g_{M_2}) \right. \\ \left. + 1.5 [H_{M_2}^2 H_{M_4} \cos(2g_{M_2} - g_{M_4}) + H_{M_{s_4}} H_{M_2} H_{S_2}] \right\}$$

$$F = 0.75 - \frac{0.375}{B^4} (H_{O_1}^4 + H_{K_1}^4 + H_{M_2}^4 + H_{S_2}^4 H_{S_a}^4 + H_{S_{sa}}^4) \quad (5)$$

在我国沿海18个港口中, 摘取 $P=0.14\%$ 所确定的水位(在平均海面下的深度) $|L_{0.14\%}|$, 并用公式(5)计算统计参数, 然后用公式(4)逼近 $|L_{0.14\%}|$, 得出系数 $C=2.341$, $D=-0.913$, $F=0.764$ 。于是根据不同地区的调和常数与气象扰动的方差, 确定出 B , P , F 后就可计算该地的基准面深度。结合我国沿海主要港口的验潮站潮汐资料(都在一年以上), 据根上述两种算法, 求得了理论深度基准面值, 如表1所示。

表 1

验 潮 站			深度基准面 (m)		理论最低潮面	年最低潮面
地 名	位 置		弗拉基米尔法 公 式 (2)	BPF 法 公 式 (4)	保 证 率 %	(m)
大 连 港	N 38° 55' 8"	121° 39' 5"	1.6 (1.63)	1.3	99	1.7
营 口	40° 40'	122° 13'	1.6 (2.0)	1.8	100	1.4
秦 皇 岛	39° 54'	119° 13'	0.9 (0.91)	1.2	100	0.9
塘 沽	39° 00'	117° 43'	2.4	2.3	100	
龙 口 港	37° 39'	120° 44'	0.7	1.0	93	1.0
烟 台	37° 37' .6	121° 20' .6	1.2 (1.4)	0.96	100	
威 海	37° 30' .8	122° 7' .8	1.3	1.4	100	
青 岛 港	36° 0.5'	120° 19'	2.4 (2.59)	2.4	98	2.6
连 云 港	34° 44' .5	119° 27' .3	3.0 (2.90)	2.8	99	3.1
燕 尾 港	34° 29'	119° 47'	2.8	2.7	100	
小 洋 港	32° 36'	120° 58'	4.5	4.3		
吕 泗 港	32° 08'	121° 37'	3.1	3.0	98	3.3
吴 淞	31° 24'	121° 30'	2.0 (2.02)		100	
绿 华 山	30° 49'	122° 37'	2.6 (2.63)	2.3	100	2.3
定 海 港	30° 01'	122° 06'	2.3	2.0	100	
石 浦 港	29° 13'	121° 57'	3.1	3.1	100	3.1
海 门 港	28° 48'	121° 24'	2.8 (2.8)		100	
温 州 港	28° 02'	120° 39'	3.0 (2.96)	2.3	100	2.6
石 湖	24° 49'	118° 42'	3.7 (3.66)	3.3	99	
厦 门	24° 27'	118° 04'	3.3 (3.28)	3.2	100	
汕 头	23° 20' .3	116° 44' .7	1.3 (1.37)	1.3	96	1.4
王 灶	22° 00'	113° 17'	1.3	1.4	95	1.5
汕 尾	22° 45' .4	115° 21' .4	1.0 (1.00)	1.1	98	
湛 江 港	21° 10' .6	110° 24' .3	2.2 (2.22)	2.0	98	
海 安	20° 16'	110° 13'	1.7	1.7	100	2.0
北 海	21° 29'	109° 06'	2.6 (2.55)	2.4	100	2.4

注：括号内数值是由1975年7月18日交通部、国家海洋局和海军司令部颁布的“各开放港口及有关地区深度基准面数值”。

从表1可知,①弗拉基米尔法与BPF法相差不大,弗拉基米尔法以8或11个分潮进行计算还不够严格,而BPF法考虑分潮全面,故计算较为合理。但如已采用了弗拉基米尔法计算,也不必急于改变为BPF法,因为从航行角度看弗拉基米尔法已比较可靠。②使用海图计算某时水深,往往与实际水深相差很大。因某时水深为海图水深加潮汐表潮高。但海图上,验潮站数远远多于潮汐表上的验潮站数,借用深度基准面不同的邻站资料来推求水深,误差可达1~1.4m,潮高差可达2~3m。如 $L=3.1\text{m}$ 的吕泗站,潮汐表上有,而 $L=4.5\text{m}$ 的小洋港,潮汐表上没有,以吕泗站代替小洋港进行潮高改正,其误差可达2.8m。这实际上降低了海图上水深的精度。③目前计算的理论深度基准面 L 值和有关资料上获得年最低潮面比较,偏低的地区多,偏高的很少。

2 海岸线位置的确定与长度量测

海岸带测图中海岸线与滩涂是主要内容,海岸线的位置与长度的确定,对测绘工作、滩涂的开发整治、海岸工程都起到重要作用。以往对海岸线缺乏严格的定义,实地测定时,因对实地海岸线的理解不同,在同一地段所测定的岸线位置和高程出入很大,即使对同一段海岸线用海测与陆测法去测定其长度也有差异。就江苏省而言,就有三个岸线长度,理论岸线长为1670.0655km;标准岸线长为953.8759km;外沿岸线长为711.17km;19座岛屿岸线长为26.9641km。这对海防、海岸带的开发建设有一定的影响,有必要对其作些深入研究。

近几年,经国家测绘局生产协调处、全国海岸带办公室和几次全国海岸带和海涂资源综合调查技术指导小组制图专业组扩大会议,讨论与领导过这方面的测试,有过一个最近全国海岸线总长度,但由于沿海各省,测试情况不同、要求不同、精度不同,这数值也只能是一个初步的概略数值。国际上对海岸线研究很重视,国际第四纪研究联合会(INQUA)下设有海岸线委员会,几十年来,它协调和组织了各国第四纪海岸线的变迁与海平面变化的研究。1982年,我国成立了以任美锬教授为主任委员的中国第四纪研究委员会海岸线分委员会。

地形图现行“图式”规定:“海岸线是多年大潮(朔、望潮)的高潮所形成的岸线”。现行“海图图式”规定:“海岸线是指一般大潮高潮的海陆分界线”。有的文献中建议海岸线定义为^{〔3〕}:“海岸线是近似于平均大潮高潮的痕迹所形成的水陆分界线。测定时,可根据海岸植物的边线、土壤、植物的颜色、湿度、硬度以及流水、水草、贝壳等冲积物来确定。普通岸线的高度,接近于平均大潮高潮面,可根据潮汐学上相应公式计算”。

平均大潮高潮面的位置可采用分潮调和常数(H 和 K)的计算简化成下列四种^{〔1〕〔3〕}:

a. 正规半日潮港

$$\text{平均大潮升} = A_0 + \frac{1}{2} S_a$$

式中, A_0 为平均海面到理论深度基准面的高度,

$$S_a = \left[M_n - \frac{H S_2^2}{2 H_{M_2}} \right] + \left[1.96 - 0.08 \left(\frac{H K_1 + H O_1}{H_{M_2}} \right) \right] \cdot H S_2$$

$$\begin{aligned} \text{又} \quad M_n = & 2 H_{M_2} + \frac{1}{2 H_{M_2}} \left[1.071 H S_2^2 + 0.963 H_{N_2}^2 + 1.077 H_{K_2}^2 \right. \\ & \left. + 0.269 H_{K_1}^2 + 0.231 H^2 O_1 + 0.266 H^2 P_1 + 0.214 H_{Q_1}^2 \right] \end{aligned}$$

$H_{K_1}, H_{O_1}, H_{P_1}, H_{Q_1}, H_{S_1}, H_{M_2}, H_{N_2}, H_{K_2}$ 分别为 $K_1, O_1, P_1, Q_1, S_2, M_2, N_2, K_2$ 8 个分潮的半潮差。

b. 非正规半日潮港

$$\text{平均大潮升} = HLT + \frac{1}{2} S_4$$

$$\text{式中, } HLT = A_0 - 0.04 \frac{(H_{K_1} + H_{O_1})^2}{H_{M_2}} \cos [K_{M_2} - (K_{K_1} + K_{O_1})] \\ + H_{M_4} \cos(2K_{M_2} - K_{M_4})$$

H_{M_4} 为 M_4 分潮半潮差, $K_{K_1}, K_{O_1}, K_{M_2}, K_{M_4}$ 为 K_1, O_1, M_2, M_4 为分潮迟角。

c. 非正规日潮港

$$\text{平均高高潮} = HHW + A_0, HHW = mA_0$$

$$\text{式中, } A = 1.006 H_{M_2} + 0.27 \frac{H_{S_2}^2}{H_{M_2}} - H_{K_2};$$

$$m = \cos \epsilon + \delta \cos(\tau - \frac{1}{2} \epsilon);$$

$$\delta = B/A, B = 1.021(H_{K_1} + H_{O_1});$$

$$\tau = \varphi_B - \varphi_A = -\frac{1}{\epsilon} [(K_{M_2} - (K_{K_1} + K_{O_1})) - 180^\circ];$$

$$\cos \epsilon = \frac{1}{2} \delta \sin(\tau - \frac{1}{2} \epsilon)$$

d. 正规日潮港

$$\text{平均高高潮} = (\cos V + 0.021)(H_{K_1} + H_{O_1}) + H_{M_2} \cos [K_{M_2} - (K_{K_1} + K_{O_1})]$$

表 2

验 潮 站			平均大潮高潮(m)			理论最高潮	年最高高潮
地 名	位 置	潮 型	理论计算值	实际痕迹线	保证率 %	(m)	(m)
秦 皇 岛	N 39° 54' E 119° 37'	不正规日潮港	1.4	1.6	92	1.6	1.8
烟 台 港	37° 33' 121° 24'	正规半日潮港	2.4	2.6	90	3.5	2.9
青 岛 港	36° 05' 120° 19'	不正规半日潮港	4.1	4.3	92	4.6	4.6
吕 泗 港	32° 08' 121° 37'	正规半日潮港	5.6	5.8	91		6.2
绿 华 山	30° 49' 122° 37'	正规半日潮港	4.4	4.7	89		5.0
坎 门	20° 05' 121° 17'	正规日半潮港	5.9	5.9	95	7.1	6.0
厦 门 港	24° 27' 118° 04'	不正规半日潮港	5.6	5.8	86	6.5	6.3
汕 头 港	23° 20' .3 116° 44' .7	不正规半日潮港	1.9	2.0	86	2.5	2.3
闸 坡	21° 35' 111° 49'	正规半日潮港	3.1	3.2	88		3.8
北 海	21° 29' 109° 06'	正规日潮港	4.9	5.2	86	5.3	5.7
八 所	19° 06' 108° 37'	不正规日潮港	3.0	3.2	85	3.8	3.5

$$\text{式中, } \tau \quad \text{tg} V = \frac{2A \sin(KK_1 + KO_1 - KM_2)}{4A \cos(KK_1 + KO_1 - KM_2) + B}$$

上述所谓平均大潮升和平均高高潮即指平均大潮高潮面。表2列出了我国沿海某些验潮站平均大潮高潮的理论计算值、痕迹线、保证率、年最高高潮、理论最高潮(深度基准面起算的)等数据,以供参考。

经长期调查研究与表2中数据看到几点,①实测岸线与平均大潮高潮面的痕迹线基本一致。根据潮汐资料的统计数据看,平均大潮高潮面低于年最高高潮面,平均大潮高潮面之高潮保证率为90%左右,即一年内高潮只有10%左右概率的大潮最高潮高于平均大潮高潮面,这就保证了绝大多数高潮能定留在原处成明显岸线痕迹,极易辨认。②我国的海岸线确定曾有人提议以理论最高潮面时水陆分界线来确定。理由是:因海图采用理论最低潮面作为深度基准面,理所当然应该将理论最高潮面作为海岸线,相互对应。其实不然,这完全是不同的两个概念,前者是为了确保安全水深而人为建立的一个曲面;后者是实际存在的一条水陆分界线。从表2看,理论最高潮面高于平均大潮高潮面(0.5~1.0m),亦高于年最高高潮面,且每年只出现几次或根本不出现这种潮面,实地不可能有该痕迹,也无法进行测定。明确了海岸线可取平均大潮高潮面来确定后,测定时就可以有的放矢,避免了以往难以确定的局面。海岸线的长度可以从下列具体方法中量测。

2.1 底图的选择

确定海岸线的底图质量,比例尺的大小,现势性的好坏,直接影响量测海岸线长度的精度,故选图时应考虑下列两个方面。(a)尽量选用近期测制的万分之一航测图,检查其现势性的变动情况,收集相应大比例尺的地形图和航卫片,以便修测,同时要查底图是否适宜于转绘。(b)在选用图片时,应考虑选用陆图、海图、象片图或专题图各自的优缺点。如地形图是国家基本图(即陆图),它是按国家所颁规范成的图。理论基础严密,投影变形小,海岸带内容比较齐全,平面与高程位置可靠,有利于量算工作,一般十万分之一地形图的长度变形不高于1/1000。如果直接使用原图或薄膜两底图量算,精度好,但其成图周期长,现势性较差。通常采用的海图,它能布满所需要量测的岸段,其岸线按海图规范测制,精度好但同样有现势性问题,其投影不利于海图岸线表示及海岸带调查中的岸线修测与转绘。象片图特点是信息量大,及时反映岸线动态变化,但摄影时受外界干扰因素较多,不可能直接用于岸线长度量算,必须经过一定的加工处理后,方可使用。专题图是在海岸带的建港、围垦、养殖、防汛等需要时,各单位测绘的专业性应用图,这些图的现势性强,部分可作陆、海图的补充修测资料。不过,必须对这些专题图在成图规范、精度、坐标系统、比例尺、投影、高程、水深起始面等仔细检查分析,才能使用。

2.2 标定海岸线位置

从选定的地图上标定海岸线,可用上述平均大潮高潮面来确定,目前国家测绘局制定的测绘海岸带地形图的若干技术规定,亦有类似规定。但关于河口、港湾段的海岸线标定,一般是按入海河流流向将河流的下流段分为径流段、河口段和滨海段三部分。河口段是河流与海洋两大水体互相交汇,互为消长的过渡段,它兼有河流和海洋的部分特征,标定海岸线,就是划分内陆水与海水的交界线,即水流通过此线立即进入海水作用的滨海段,但要标定海岸线比较困难,全凭河口港湾的形态特征与潮汐动力作用相结合的原则来确定。过去常简单地采用在河口、港湾外用直线相切的办法连成海岸线,实在太粗糙了,应以改进。

随着海岸工程的不断建设,按图幅比例尺大小,建筑物在图上的表示有比例尺符号与非比例尺符号两种,用前一种符号的图,可直接在其上标定海岸线;用后一种符号的图,标定海岸线时就必须另加说明。

2.3 编制海岸线图

为了保证海岸线的量测精度,作为量测依据,正确反映河口、港湾岸线情况与分岸段情况,有助于海岸线动态研究与量算数据的修正,就必须编制海岸线图。这种图一般可用0.05 mm聚脂薄膜摹印于地形图上勾绘的,这种图上确定的海岸线精度高。

2.4 量测方法

以往常应用曲线仪法,卡规法和比长法进行海岸线量测,这些方法虽然简单、迅速、易于掌握,但精度不是较低,就是难以实施。如曲线仪的“跑线”,卡规法中难以确定弦长代替曲线长的分段,累积系统误差很大;比长法的手工操作要求十分严密等。后来亦应用过光电扫描法,如ML-F型电子分色图形面积量测仪,其精度取决于基本扫描像元的大小。目前像元边长约为0.2~0.4mm,用它量测海岸线长度的条件是:(a)在图上表示的海岸线要保持严格的等粗曲线;(b)在量得曲线的面积后,再通过已知标准曲线面积应有的长度值,求该曲线长。现在电子计算机已广泛应用于各门学科中,应用它来计算曲线长是既快精度又高的方法,主要是将海岸线曲线数字化后输入计算,这方面的程序也是极易编写的。

3 海岸带测图中的陆、海图之间坐标及高程的转换

海岸带测图的原始数据(座标、高程、投影系统)基本上相同于陆图。但在滩涂与浅海部分,要想应用海图作为参考时,就无法对照,陆图与海图不能衔接。其原因是:①海图以水域为测绘对象,陆图以陆地为测绘对象,两种图的座标系统虽相同,而高程起始面不同;②两种图的投影方法不同。所以现在陆图上的海区,海图上的陆区,只是相互取用编图而已,在使用时,必须考虑这两种图的相互换算问题。

在高程系统方面,有关国家高程系统^[4]与前述的理论深度基准面中已有详述。

在投影系统方面,大地测量学中的高斯-克吕格投影的正反算公式^[6],就是由点的大地经、纬度与相应该点的直角坐标换算公式而得出的。墨卡托投影(海图用)和高斯-克吕格投影(陆图用)间相互的常数正解换算公式^[6],就是将陆测的海域点直角坐标先由正、反算得该海域点的经纬度,然后再以该点的纬度和距高斯-克吕格投影中央经线的经差,求出常数与该点的墨卡托投影坐标值。已有纬差4°的分带计算系数表进行坐标变换计算的BASIC程序^[7],若配合经差7°范围内坐标变换,精度可达0.001m。这些计算在过去显得很繁琐,现在用电算很容易实施。目前还有一种换算法,简单、易懂且方便,即所谓应用正形多项式等进行投影变换,这种投影变换原理对不同要求的投影图都能进行变换。但有一个条件,即必须预知海区外围四角点的两种投影直角坐标值,以及待定点的一种投影坐标值,由此推求得另一种相应投影点的坐标值。例如:

正形多项式数值变换公式:^[8]

$$Z_i = Z_1 - \frac{(z_i' - z_2)(z_i' - z_3)(z_i' - z_4)}{(z_1 - z_2)(z_1 - z_3)(z_1 - z_4)} + Z_2 - \frac{(z_i' - z_1)(z_i' - z_3)(z_i' - z_4)}{(z_2 - z_1)(z_2 - z_3)(z_2 - z_4)} \\ + Z_3 - \frac{(z_i' - z_1)(z_i' - z_2)(z_i' - z_4)}{(z_3 - z_1)(z_3 - z_2)(z_3 - z_4)} + Z_4 - \frac{(z_i' - z_1)(z_i' - z_2)(z_i' - z_3)}{(z_4 - z_1)(z_4 - z_2)(z_4 - z_3)} + R_n(z)$$

式中即对称变换的4点,如甲种投影对称的4点为已知坐标 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), (x_4, y_4)$;乙种投影对称的4点为已知坐标 $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), (X_3, Y_3), (X_4, Y_4)$,即

$$\begin{aligned} z_1 &= x_1 + iy_1 & Z_1 &= X_1 + iY_1 \\ z_2 &= x_2 + iy_2 & Z_2 &= X_2 + iY_2 \\ z_3 &= x_3 + iy_3 & Z_3 &= X_3 + iY_3 \\ z_4 &= x_4 + iy_4 & Z_4 &= X_4 + iY_4 \end{aligned}$$

由此,若各点的甲称投影坐标已知为 (x_i', y_i') ,即可求其对应的乙种投影中的相应点坐标 (X_i', Y_i') 。

表 3 从甲种投影换算到乙种投影的计算

点 号	甲种图上四角投影点坐标(cm)		乙种图上四角投影点坐标(cm)		应用公式(4个已知点)			
	x	y	X	Y				
1	374.074	89.057	133.270	75.439	(变换式)			
2	374.074	133.586	116.661	113.036				
3	322.898	89.057	69.088	78.623				
4	322.898	133.586	72.621	117.807				
	各点在甲种投影图上已知坐标		乙种投影图上相应各待定点坐标		乙种投影表列值		误	差
1'	361.081	100.189	102.954	85.744	102.954	85.744	0.000	0.000
2'	361.081	122.464	104.668	104.742	104.667	104.742	0.001	0.000

表 3 中两种投影的已知方程作为计算条件:

$$\text{即} \quad \begin{cases} z_1 = x_1 + iy_1 = 374.074 + 89.057i \\ z_2 = 374.074 + 133.586i \\ z_3 = 322.898 + 89.057i \\ z_4 = 322.898 + 133.586i \end{cases} \quad \begin{cases} Z_1 = X_1 + iY_1 = 113.270 + 75.439i \\ Z_2 = 116.661 + 113.033i \\ Z_3 = 69.088 + 78.623i \\ Z_4 = 72.621 + 117.807i \end{cases}$$

则当求1'点乙种投影的换算值时,将待定点坐标为 $z_1' = 361.081 + 100.189i$ 代入计算为

$$\begin{aligned} Z_1' &= (55.93105278 + 30.38274614i) + (32.15788423 + 16.78231467i) \\ &\quad + (1.96555423 + 20.96647234i) + (12.89905344 + 17.61273087i) \\ Z_1' &= 102.954 + 89.744i \end{aligned}$$

即得

$$\begin{cases} X_1' = 102.954 \\ Y_1' = 85.744 \end{cases}$$

同样2'点等亦可以次求得。

4 建 议

a. 海岸带地形测量中,岸线测定是一项重要内容,必须找出真正能代表岸线的痕迹线,也就是实地确定出的痕迹线就是平均大潮高潮面。实测中往往判断有误。如:①将沙、砾质海岸的海岸沙堤或滩脊顶部连线误作为岸线痕迹线;②将浪蚀陡坎的顶部误作为痕迹线;③将当天在海滩处的高潮痕迹误作为岸线痕迹线;④将淤泥质海岸稀疏生长的盐蒿等植被的外界或大米草生长的外界误作为岸线痕迹。所以必须要充分了解测区的地貌特征,寻找

识别时要配合计算的平均大潮高潮面的高程对比进行。

b. 建议海岸带测图的高程基准面采用平均海面较为合适。平均海面以上地形为正，以下为负。这不仅与陆地地形图取得一致，便于海、陆地形图拼接，更主要的是考虑到基准面的精度问题。如采用平均海面作为基准面，不管采用什么方法联测，都可以达到误差小于 0.2m 的地形测量精度要求。如采用理论深度基准面作为深度起算面，由于深度基准面是以当地平均海面起算，其差值 L 的误差也有 0.2m，再加上平均海面的误差，就达不到地形图的精度要求。

c. 目前海图理论深度基准面，许多地区分得过细，我国沿海一个月以上的验潮站所算得的深度基准面就有 500 多个，这显然给水深测量增加很多工作量。而潮汐表所列的验潮站才只有 90 个左右，两者相差甚大，造成了海图上所表示的深度基准面同潮汐表上所表示的深度基准面不一致。同实际水深比较，由于两者基准面之差引起的水深误差最大可达 1 m 左右。无形中降低了海图上的水深资料的使用精度。所以，尽量要减少已无用的验潮站，增加潮汐表中所列的验潮站，使两者验潮站完全一致为好。

d. 在海岸带测图时，应组织水深和地形混合作业组，以进行岸边水深和地形测量。及时解决水深测量和地形测量间在资料互用上的矛盾，有利于两种测量资料的拼接。

e. 在海岸带测图中，建议海域投影可仍应用陆测的高斯-克吕格投影，这样可省去不少麻烦，便于测图和海岸工程方面应用。

参 考 文 献

- 1 中国人民解放军海军司令部海道测量部编著. 实用潮汐学. 天津: 天津出版社, 1959
- 2 徐永斌. 理论深度基准面的电算法. 海洋测绘, 1983(4)
- 3 赵明才. 对海岸线定义的建议. 海洋测绘, 1984(3)
- 4 吴家乃, 朱梅心. 论我国高程基准面. 河海大学学报, 1991(1)
- 5 邵诚主编. 控制测量学(下册). 北京: 地质出版社, 1985
- 6 相启和. 墨卡托投影和高斯-克吕格投影间常数正解变换公式. 海洋测绘, 1984(3)
- 7 相启和. 墨卡托投影和高斯-克吕格投影间坐标变换的常数表及其 BASIC 程序. 海洋测绘, 1985(4)
- 8 刘宏谟. 应用正形多项式等进行投影变换. 海洋测绘, 1984(4)