

文章编号: 0494-0911(2004)03-0024-04

中图分类号: P229

文献标识码: B

基于海底地貌表示法确定主测深线间隔和测图比例尺

夏 伟, 刘雁春, 边 刚, 崔 杨

(大连舰艇学院 海洋测绘系, 辽宁 大连 116018)

Confirmation of Main Surveying Line Span and Map Scale
Based on the Expression of Submarine Relief

XIA Wei, LIU Yan-chun, BIAN Gang, CUI Yang

摘要:通过对我国海道测量规范和国际海道测量组织 S-44 标准中主测深线间隔的确定方法进行分析比较, 提出一种基于海底地貌复杂程度的分类方法与海区水深的结合的情况下确定主测深线间隔和测图比例尺的方法。

关键词:主测深线间隔; 测图比例尺; 海底地貌

一、引 言

为了能够采集到某海区足够的海道测量数据以能够反映海底地貌起伏状况, 提高发现海底特殊目标的能力以及考虑到测量仪器载体的机动性和测量的效率、费用、安全等因素, 目前, 海道测量的一般方法是测前对测量海区进行技术设计, 在技术设计的过程中, 测线的布设及测图比例尺的确定是比较重要的步骤。合理的测线间隔和测图比例尺的选择既可以提高测量的效率、减少费用, 又能完善地反映海底地貌。为了达到上述目的, 本文对目前国内外主测深线间隔和测图比例尺的确定方法进行了分析比较, 通过对海底地貌表示法的研究, 提出了一种基于海底地貌表示法确定主测深线间隔和测图比例尺的方法, 并给出了具体实例。

二、目前国内外主测深线间隔和测图比例尺的确定方法

海底地貌能否完善地显示出来很大程度上取决于测深密度。所谓测深密度即单位面积内测得深读点的数量。一般而言, 密度越大海底地貌显示得越完善越准确。当然测深点的疏与密要与实际需要相适应。测深密度是由测深线间隔与测深线上深度点的采样间隔来确定的。应用不同的测深仪器测深, 因仪器的发射频率、测量的航速、水的深度不同、测深密度也不同。对于一次测量作业, 测深线上深度点的采样间隔一般是固定的, 那么测线布设考虑的主要问题应是测深线的间隔问题。对于海道测量来

说主要是指主测深线的间隔问题。

主测深线的间隔主要是根据对所测海区的需求、海区的水深、底质、地貌起伏的状况以及测深仪器的覆盖范围而定的。总之, 以既能完善的反映海底地貌, 达到测量需求, 又以经济为原则。根据主测深线间隔的确定原则国内外提出的确定方法一般有两种: 一种是规定图上主测深线的间隔为 10 mm, 确定海区的测图比例尺; 另一种是先确定实地主测深线的间隔, 再取其图上相应的间隔, 最后确定测图比例尺。我国采用前者, 详见《海道测量规范》, 摘要见表 1。

表 1		
测量海区	测图比例尺	主测深线实地间隔/m
海港、锚地、狭窄巷道及具有重要使用价值的海区	1:2 000~ 1:25 000	20~250
开阔的海湾、地貌较复杂的沿岸及多岛屿地区	1:25 000	250
地貌较平坦的沿岸开阔海区	1:50 000	500
离岸 200 海里以内海域	1:100 000 或 1:250 000	1 000 或 2 500
离岸 200 海里以外海域	1:500 000	5 000

新版国际海道测量标准 S-44 一改过去单波束的测量模式和测线布设方法, 针对不同的需求定义了 4 种测量等级, 并给出了各个测量等级的最低标准(有关水平精度、改正后的水深精度、覆盖率测深模型精度、最大测线间隔)。这 4 个等级分类如下。

收稿日期: 2003-06-02

作者简介: 夏 伟(1976-), 男, 硕士生, 讲师, 主要从事海道测量数据处理与研究工作。

1. 特等。特等海道测量达到的作业标准, 是针对特别临界的区域而提出来的, 该区域的富余深度最小, 且海底状况对舰船具有潜在的危险。测量质量控制部门必须明确这些区域界限的要求, 诸如港口、泊船区域及相关的重要航道均为典型例子。

2. 一等。一等海道测量实施用于港口、入港航道、推荐航道、内陆航道以及商船运输繁忙的海岸水域。这些地方的富余深度以及海底底质对船只而言不形成较大的危险(例如软泥或沙质海底)。一等测量应限于水深小于 100 m 的水域。

3. 二等。二等海道测量适用于除特等和一等以外的水深值小于 200 m 的水域, 对于这些水域, 仅需采用测深仪常规探测即可足以确保该水域海底有无对过往船只或作业船只产生危险的障碍物的探测。

4. 三等。三等海道测量适用于除特等、一等及二等之外的所有水深大于 200 m 的区域。

S-44 最低标准中对不同测量等级规定了“最大测线间距”, 其解释为① 单波束回声测深仪的测线间距; ② 条带式测深系统的扫描带外侧间的距离。具体测线间隔应在 S-44 标准基础上确定标准来评价海底覆盖的充分程度并判断测线间距应该缩小还是扩大。

为达到 S-44 中规定的精度, 国际海道测量组织 IHO 给出了单波束回声测深仪的测线间距的最新推荐准则。建议的原始测线间距(即主测线的实地距离)如表 2。

表 2

等级	原始测线间距/m
特等	10
一等	100
二等	200
三等	500

通过对我国海道测量规范和 S-44 中对测线间隔确定方法的比较, 我们可以看出:

1. 我国首先确定主测深线的图上间隔, 然后按照测量海区的重要性及海区的复杂程度给出测图比例尺, 从而确定了主测深线的实际间隔。

2. 国际海道测量组织 IHO 对海区按其重要性和复杂程度分为 4 等, 直接按海区的等级给出了实际的主测深线的间隔。

3. 国际海道测量组织 IHO 把海区的水深看作为一个重要的因素, 对一等、二等、三等测量规定了海区的水深范围。

4. 国际海道测量组织 IHO 对重要海区主测深

线的间隔确定的比我国的要小, 而且提出了必要时要进行全床扫测, 并给出了必须探测出的海底地物特征(障碍物)的最小体积。

三、确定主测深线实地间隔和测图比例尺的新的方法

我国海道测量规范和国际海道测量组织 IHO 都多次提到要根据海区的复杂程度及海底地形的变化情况来确定主测深线的间隔, 但是却没有给出海区的复杂程度及海底地形的变化情况表示的具体分类量化方法, 下面给出具体分类量化方法。

海底地形表示法亦称海底地貌表示法。常用的有: 符号法、深度注记法、等深线法、明暗等深线法、分层设色法、晕渲法和写景法等。不同类型的海图根据不同的用途, 对海底地貌的表示有不同的要求, 可采用不同的表示方法, 且可几种方法配合使用。航海图上表示海底地貌以深度注记为主, 以等深线为辅; 海底地形图以等深线为主, 以深度注记为辅, 还可配合使用分层设色法。等深线法是目海底地形图上表示海底地貌最基本、最精确的方法。以等深线的形状及其组合情况反映海底表面形状的特征。由于海道测量的主要目的是为编制航海图提供数据, 因此海底地貌的表示主要以水深注记为主, 以等深线为辅。如果我们参照陆地地貌分类方法, 为了完善反映测区一定范围海底地貌复杂程度, 采用以下几个相对分类指标对其进行衡量。假定海区的面积为 S , 此范围内有 N 个水深点。

1. 平均水深 \bar{d} 。水深平均值

$$\bar{d} = \sum_{i=1}^N d_i$$

2. 最大值与最小值之差 Δd 。水深最大值和最小值之差

$$\Delta d = d_{\max} - d_{\min}$$

3. 统计方差。各点水深值和平均值之间的接近程度

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (d_i - \bar{d})^2}{N - 1}}$$

4. 水深值分布密度。此范围内水深值分布的密集程度

$$\epsilon = N / S$$

5. 等深线分布密度。此范围内等深线的条数及等深线间距。

在对不同比例尺海图进行了分类统计综合分析后, 给出以下分类标准, 见表 3。

表 3 测区海底地貌分类标准

\overline{d}/m	平坦		一般		复杂	
	σ	Δd	σ	Δh	σ	Δh
$\overline{d} \leq 10$	$\sigma \leq 2$	$\Delta d < 10$	$2 < \sigma \leq 5$	$\Delta d < 20$	$\sigma > 5$	$\Delta d > 20$
$10 < \overline{d} \leq 20$	$\sigma \leq 5$	$\Delta d < 20$	$5 < \sigma \leq 10$	$\Delta d < 30$	$\sigma > 10$	$\Delta d > 30$
$20 < \overline{d} \leq 50$	$\sigma \leq 5$	$\Delta d < 20$	$5 < \sigma \leq 10$	$\Delta d < 30$	$\sigma > 10$	$\Delta d > 30$
$50 < \overline{d} \leq 100$	$\sigma \leq 10$	$\Delta d < 30$	$10 < \sigma \leq 20$	$\Delta d < 50$	$\sigma > 20$	$\Delta d > 50$
$100 < \overline{d} \leq 200$	$\sigma \leq 20$	$\Delta d < 50$	$20 < \sigma \leq 100$	$\Delta d < 100$	$\sigma > 100$	$\Delta d > 100$
$200 < \overline{d}$	$\sigma \leq 100$	$\Delta d < 100$	$\sigma < 100$	$\Delta d < 200$	$\sigma > 100$	$\Delta d > 200$

需要指出的是, 我们所给出的是相对的分类指标, 平均水深 \overline{d} , 是我们对海区地貌复杂程度进行分类的前提, \overline{d} 一定的情况下, 我们用统计方差(σ)和最大值与最小值差(Δd)来反映其海底地貌的复杂程度。为了使分类标准趋于完善, 真实反映海底地貌, 我们还用海区内水深分布密度和等深线密集程

度来完善分类。

在此海底地貌分类的基础上, 考虑到我国的实际情况, 我们首先仍采用主测深线的图上间隔为 1 cm, 结合 S-44 标准, 根据海区的水深和重要性, 得到主测深线的实地间隔和测图比例尺的确定方法, 列于表 4。

表 4

\overline{d}/m	平坦		一般		复杂	
	测图比例尺	主测深线 实地间隔/m	测图比例尺	主测深线 实地间隔/m	测图比例尺	主测深线 实地间隔/m
$\overline{d} \leq 10$	1:2 000	20	1:1 000	10	1:1 000	10
$10 < \overline{d} \leq 20$	1:2 000	20	1:2 000	20	1:1 000	10
$20 < \overline{d} \leq 50$	1:5 000	50	1:5 000	50	1:2 000	20
$50 < \overline{d} \leq 100$	1:10 000	100	1:10 000	100	1:5 000	50
$100 < \overline{d} \leq 200$	1:25 000	250	1:20 000	200	1:10 000	100
$200 < \overline{d}$	1:500 000	500	1:100 000 或 1:250 000	1 000 2 500	1:50 000	500

需要指出的是, 以上测深间隔是针对单波束测深仪测量而确定的, 对一些复杂海区和使用者有特殊的要求, 为了详细显示海底地貌, 对个别地段可进行放大比例尺测量, 布设更小测线间隔的加密线。必要时要利用多波束测深、侧扫声纳和激光测深系统对重要海区进行全覆盖扫海测量。

四、新方法实例

如我们将某海区一幅 1:250 000 民用海图, 按照图 1 进行分块统计, 统计的数据见表 5 和表 6(限于篇幅, 仅给出部分数据)。

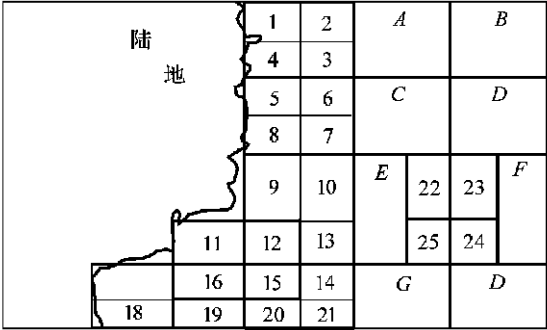


图 1 海图的统计分块

表 5 较小的矩形块统计的数据

编号	\overline{d}	d_{\max}	d_{\min}	Δd	N	σ
22	35.2	47	25	22	13	6.18
48	20.3	48	4.8	43.2	21	12.48
60	11.8	28	0.9	27.1	28	7.41
62	28.9	38	15.8	16.2	17	5.35
64	31.3	38	20.1	17.9	13	4.65
70	47.9	58	40	18	10	6.43
74	19.2	26	10.8	15.2	14	4.91
84	23.6	31	18	13	19	4.64

表 6 较大的矩形块统计数据

编号	\overline{d}	d_{\max}	d_{\min}	Δd	N	σ
A	47	60	28	32	46	8.3
B	24.3	47	4.6	42.3	52	10.1
D	30	43	15	28	44	7.7
G	38.4	49	27	22	30	6.4
I	31.6	47	15.8	31.2	45	6.6
J	32.5	58	14.6	43.4	49	10.4

比较表 5 中范围大小相同的 48($\overline{d}=20.3$, $\Delta d=43.2$, $\sigma=12.48$) 和 84($\overline{d}=23.6$, $\Delta d=13$, $\sigma=$

4.64)两海区,平均水深 \bar{d} 范围一致($10 < \bar{d} < 50$),但是 $\sigma_{84} < 5 < 10 < \sigma_{48}$,根据分类标准,48 海区为复杂海区,而 84 海区为平坦海区,其起伏情况如图 2,图 3 所示。

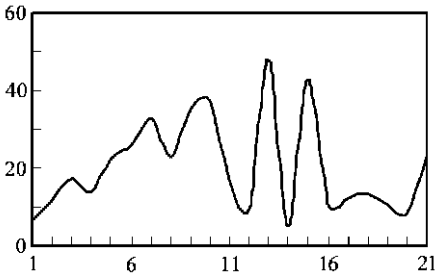


图 2 48 海区

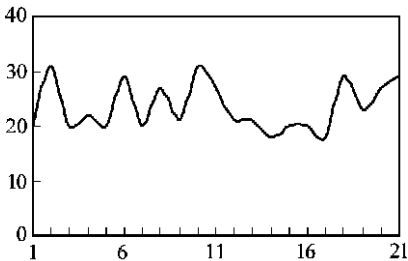


图 3 84 海区

同样,表 6 中,范围较大的 I 海区($\bar{d}=31.6, \Delta d=31.2, \sigma=6.6$)和 J 海区($\bar{d}=32.5, \Delta d=43.4, \sigma=10.4$)海区比较, \bar{d} 范围一致($20 < \bar{d} < 50$), $\sigma_I < 10 < \sigma_J$,根据分类标准,I 为一般海区,而 J 为复杂的海区,如图 4,图 5 所示。

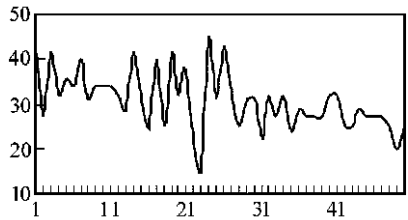


图 4 I 海区

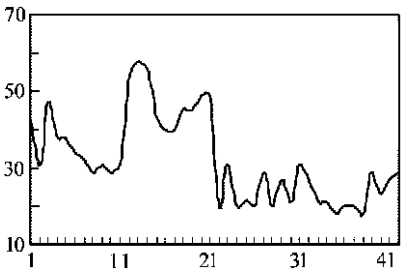


图 5 J 海区

通过对上述 4 个海区的分类比较,结合表 4 给出这 4 个海区的主测深线间隔及测图比例尺,见表 7。其他海区可以同样处理,这里不再给出。

表 7

内容	海区			
	48 海区	84 海区	I 海区	J 海区
\bar{d}	20.3	23.6	31.6	32.5
Δd	43.2	13	31.2	43.4
σ	12.48	4.64	6.6	10.4
海底地貌分类	复杂	平坦	一般	复杂
测图比例尺	1:2 000	1:5 000	1:5 000	1:2 000
主测深线实地间隔	20 m	50 m	50 m	20 m

五、结论与建议

本文在对已有的我国海道测量规范和国际海道测量组织 S-44 标准中主测深线间隔的确定方法进行分析比较的基础上,提出了一种基于海底地貌复杂程度的分类方法与海区水深的结合的情况下确定主测深线实地间隔和测图比例尺的方法,此方法细化了已有的确定方法,符合我国实际,而且和国际标准 S-44 接轨,建议在海道测量海区技术设计中使用。

参考文献:

[1] GB 12327-1998,海道测量规范[S].
[2] 中华人民共和国海事局.海洋测绘法规标准汇编(下卷)[M].北京:中国标准出版社,1999.

欢迎订阅《测绘学报》

《测绘学报》创刊于 1957 年,是由中国科协主管,中国测绘学会主办的反映我国测绘科学技术发展水平的国家级综合性学术刊物,影响因子和被引频次居中文核心期刊测绘类首位,是我国最具影响力的测绘期刊,是中国科技期刊影响因子前 40 名中的惟一的测绘期刊。也是我国提交国际测绘科技交流的主要文献。

《测绘学报》发表中、英两种文字的论文;着重报道我国测绘科技最新的重要研究成果及其应用,内容涉及大地测量、工程测量、遥感、航空摄影测量、地图学、地理信息系统、矿山测量、海洋测绘、地籍测绘、地图印刷、测绘仪器、信息传输等测绘学科及其相关相邻学科。荣获中国科协的优秀学术期刊奖,被多个国际检索系统所收录。

《测绘学报》设有学术论文、测绘工程研究、博士论文摘要、测绘信息动态等栏目。

《测绘学报》(季刊),定价:6.00 元,邮发代号:2-224。

编辑部地址:北京复外三里河路 50 号,邮编:100045

电话:(010)68531225 (010)68531293 (010)68531192 (010)68531317(兼传真)