

#### 5.4.2 基于几何的测线方向分析

假设测线不平行于南北方向，根据模型二的解(6)可得，当测线向浅水区即东边移动时，水深  $D_i$  会逐渐减小，随之覆盖宽度  $W_i$  也会逐渐减小，覆盖区域形成的条带的俯视图整体呈梯形，如图10。假设测线  $k$  有一条平行的相邻测线  $l$ ，它们的覆盖宽度如图10所示。根据模型一的结果分析表2所示，当  $W_i$  越小时  $\eta_i$  越小，而水深越小则  $W_i$  越小。所以  $\eta_i$  有最小值  $\eta_k$ ， $k$  为测线水深最浅的点。

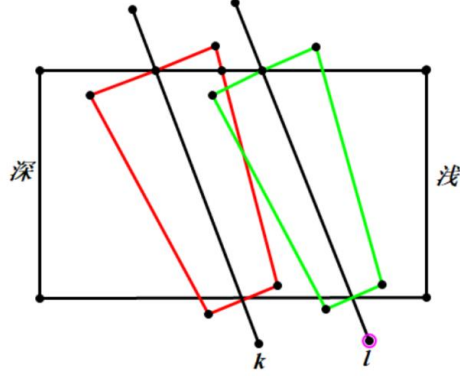


图 10 梯形扫描区域

$$\eta_k < \eta_i \quad (i < k) \quad (11)$$

由于要求对整个待测海域完全覆盖，所以测线的任意位置均有  $\eta_i > 0$ ，则要求

$\eta_k > 0$ 。

根据题意要求测线长度  $l_{sum}$  最短，测线总长度可简化为单条测线长度  $l$  与测线  $i$  和其左邻测线  $i-1$  间距  $dl_i$  的关系，则有如下两种测线分布方式：

分布方式一如图11，其中  $n$  为测线条数， $WE$  为海域东西方向宽度， $NS$  为海域南北方向宽度：

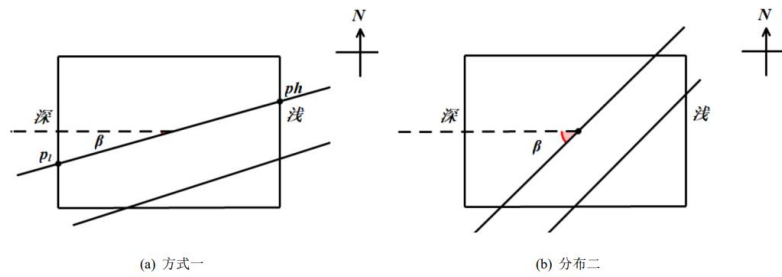


图 11 测线分布图

若  $\beta < \arctan(NS/WE)$ :

$$\begin{cases} l_{sum} = l * n \\ l = WE / \cos \beta \quad (\beta < \arctan(NS/WE)) \\ \sum_{i=1}^n dl_i = NS \end{cases} \quad (12)$$

该分布方式在海底坡面最低点  $p_l$  和海底坡面最高点  $p_h$  均需要满足  $10\% < \eta < 20\%$  首先计算  $p_l$  的海水深度  $D_{max}$  和  $p_h$  的海水深度  $D_{min}$ ，根据公式(3):

$$\begin{cases} D_{max} = D_0 + (WE/2) \tan \alpha \\ D_{min} = D_0 - (WE/2) \tan \alpha \end{cases} \quad (13)$$

根据公式(5)，可得  $p_l$  的覆盖宽度  $W_{max}$  和  $p_h$  的覆盖宽度  $W_{min}$ :

$$\begin{cases} W_{max} = \frac{D_{max} \sin \theta \cos^2 \alpha}{\cos(\frac{\theta}{2} + \alpha) \cos(\frac{\theta}{2} - \alpha)} \\ W_{min} = \frac{D_{min} \sin \theta \cos^2 \alpha}{\cos(\frac{\theta}{2} + \alpha) \cos(\frac{\theta}{2} - \alpha)} \end{cases} \quad (14)$$

由模型一结果分析可知：海水深度越深，重叠率越大。所以  $p_l$  的重叠率  $\eta_{max}$  最大， $p_h$  的重叠率  $\eta_{min}$  最小。根据重叠率计算公式， $\eta_{max}$  和  $\eta_{min}$  需满足以下不等式，其中  $d$  为测线间距：

15

$$\begin{cases} \eta_{max} = 1 - d/W_{max} < 20\% \\ \eta_{min} = 1 - d/W_{min} > 10\% \end{cases} \quad (15)$$

则  $d$  的取值范围为：

$$0.8W_{max} < d < 0.9W_{min} \quad (16)$$

联立公式(13)、公式(14)、公式(16)，通过 matlab 求解，解得  $d$  的取值范围为，其左端点大于右端点，说明此分布方式不合理。

分布方式二如图20:

若  $\beta > \arctan(NS/WE)$ :

$$\begin{cases} l_{sum} = l * n \\ l = WE / \cos \beta \quad (\beta > \arctan(NS/WE)) \\ \sum_{i=1}^n dl_i = WE \end{cases} \quad (17)$$

根据该等式可得：若  $l_{sum}$  要更短，则  $l$  要更短， $dl_i$  要更大。

假设  $\beta$  减小且  $\beta > \pi/2$ ，则  $l$  减小， $dl_i$  增大。所以  $l_{sum}$  一定更短，当  $\beta = \pi/2$  时  $l_{sum}$  达到最小值。

综合上述分析可得测线为一组平行于南北方向的直线。

#### 5.4.3 最优测线长度模型建立

为简化计算，本模型假设有一条侧线过海域中心，以此条测线为基准计算两边测线的相对位置，如图12

任意测线与海域中心距离  $d_i$  可以用如下关系表示，其中  $d_{i-1}$  表示测线  $i-1$  与海域中心的距离：

$$d_i = d_{i-1} + dl_i \quad (18)$$

根据题意，将测线  $i$  的重叠率计算公式简化：

$$\eta_i = 1 - \frac{dl_i}{W_i} \quad (19)$$

16

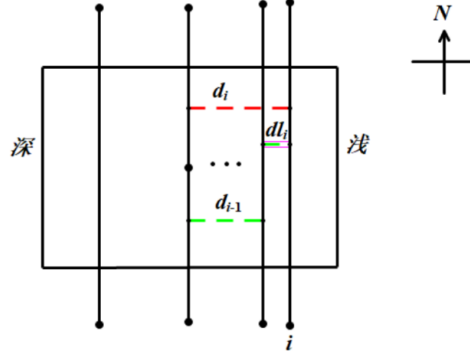


图 12 测线分布

#### 5.4.4 模型求解

联立等式(18)、等式(21)和模型一的等式(3)、等式(5)，可得到  $i$  和其左邻测线  $i-1$  间距  $dl_i$  的计算公式：

$$\begin{cases} d_i = d_{i-1} + dl_i \\ D_i = D_0 - d_i * \tan \alpha \\ W_i = \frac{D_i \sin \theta \cos^2 \alpha}{\cos(\frac{\theta}{2} + \alpha) \cos(\frac{\theta}{2} - \alpha)} \\ \eta_i = 1 - \frac{dl_i}{W_i} \end{cases} \quad (20)$$

设中间变量  $M_{deg} = \frac{\sin \theta \cos^2 \alpha}{\cos(\frac{\theta}{2} + \alpha) \cos(\frac{\theta}{2} - \alpha)}$ 。由于要使测量长度尽可能短，所以测线间距应当尽可能大，取  $\eta = 0.1$  解得

$$\begin{cases} dl_i = \frac{(1 - \eta)(D_0 - d_{i-1} \tan \alpha) M_{deg}}{1 + (1 - \eta) \tan \alpha M_{deg}} \\ \eta = 0.1 \end{cases} \quad (21)$$

#### 5.4.5 结果分析