

推算航法计算



主讲人：李宁

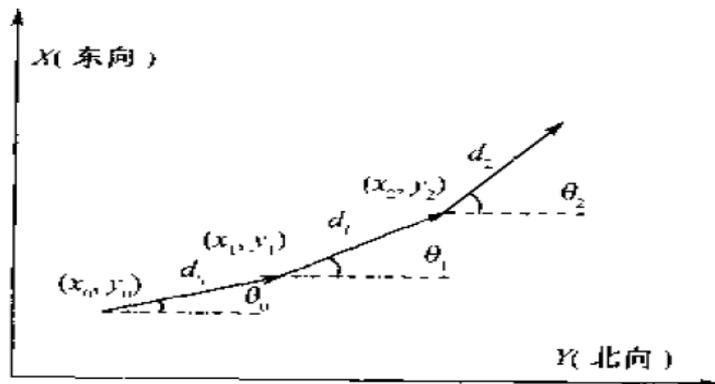
推算航法基本原理

基本原理：

起始时刻的位置已知，速度的大小和方向可通过测量得到，则下一时刻的位置可通过计算得到。

$$x_n = x_0 + \sum_{i=0}^{n-1} d_i \sin\theta_i$$

$$y_n = y_0 + \sum_{i=0}^{n-1} d_i \cos\theta_i$$



推算航行中的实际问题



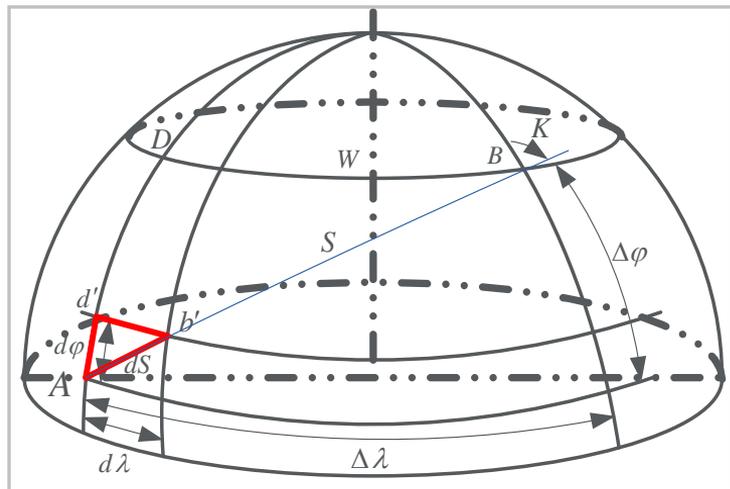
地球是一个球体！

■ **地球上位置信息的描述形式？**

经度、纬度

推算航法计算

将整个航程AB划分成 m 个微小等份，并以 dS 表示每一等份的航程长度。当 m 很大时， dS 将变得非常短，可以近似为平面内的一条微小直线。



推算航法计算

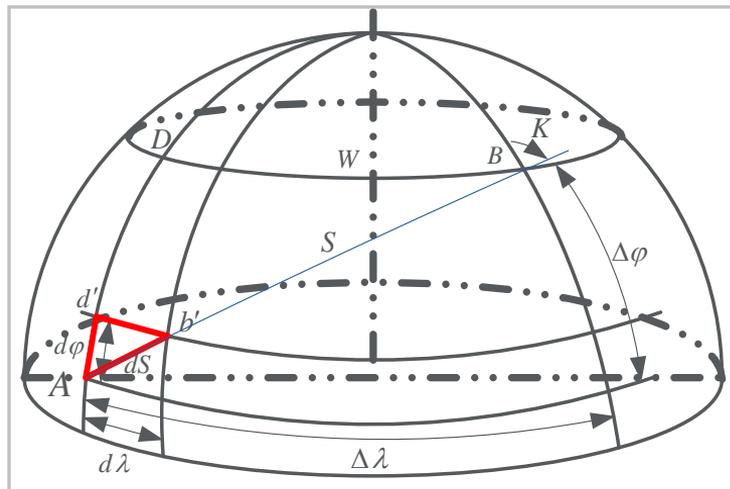
$$\begin{cases} d\varphi = dS \cdot \cos K & (1) \\ dW = dS \cdot \sin K & (2) \end{cases}$$

(1) 式两端取积分

$$\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} d\varphi = \int_0^S \cos K dS \quad \longrightarrow \quad \Delta\varphi = S \cdot \cos K$$

(2) 式两端取积分

$$\int_0^W dW = \int_0^S \sin K dS \quad \longrightarrow \quad W = S \cdot \sin K \neq \Delta\lambda$$



东西距W是A和B所在子午线在B点所在纬度圈上的长度，并不是经度差！

推算航法计算

由于微分东西距 dW 与微分经度差 $d\lambda$ 存在以下关系

$$d\lambda = dW / \cos \varphi \quad \rightarrow$$

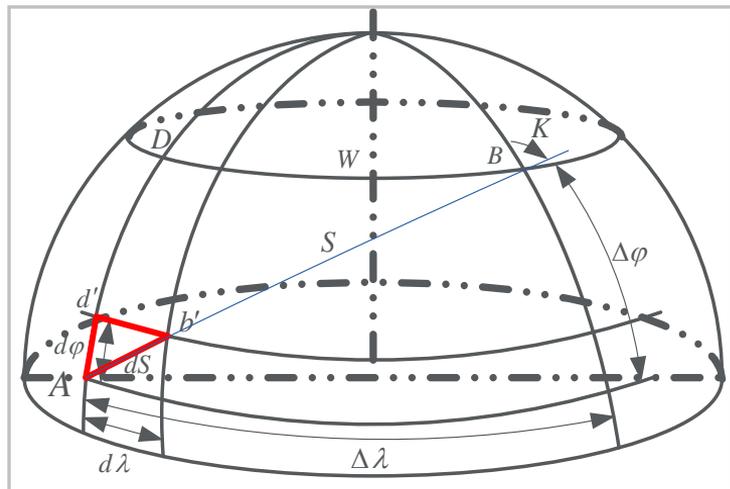
$$d\lambda = \frac{dW}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{\cos \varphi} = \tan K \cdot \frac{d\varphi}{\cos \varphi}$$

两侧取积分

$$\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} d\lambda = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \tan K \frac{d\varphi}{\cos \varphi} = \tan K \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \sec \varphi d\varphi$$

$$\Delta\lambda \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \sec \varphi \cdot d\varphi = D_2 - D_1 = \Delta D \quad \mathbf{D1, D2 \text{ 为渐长纬度}}$$

因此有 $\Delta\lambda = \tan K \cdot \Delta D$



推算航法计算

求解到达点经度和纬度的计算方法：

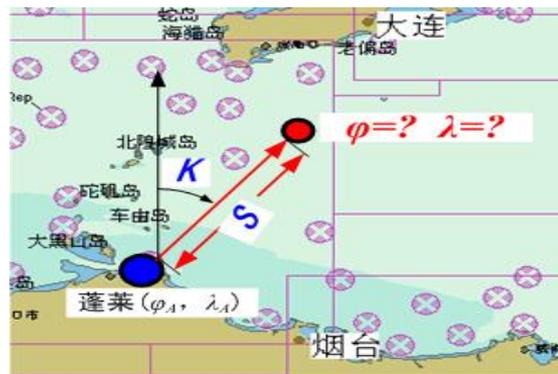
- (1) 根据已知舰船的航向 K 和航程 S ，计算求得纬度差 $\Delta\varphi$ ；
- (2) 根据舰船出航点的纬度值 φ_1 ，计算到达点的纬度值 φ_2 ；
并将 φ_1 、 φ_2 代入计算渐长纬度差 ΔD ；
- (3) 求解经度差 $\Delta\lambda$ ；在已知船舶出航点的经度值 λ_1 的基础上，
计算到达点的经度值 λ_2 。

注：实际中经常采用中分纬度和平均纬度来计算渐长纬度差进而计算经度差。

推算航法的功能

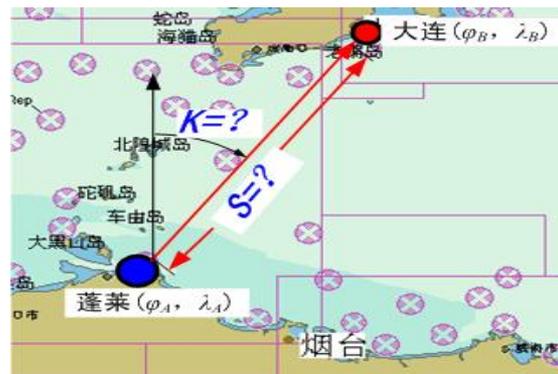
1. 根据航向、航程和出发点位置，求到达点位置：

$$\varphi_B = \varphi_A + \Delta\varphi \quad \lambda_B = \lambda_A + \Delta\lambda$$



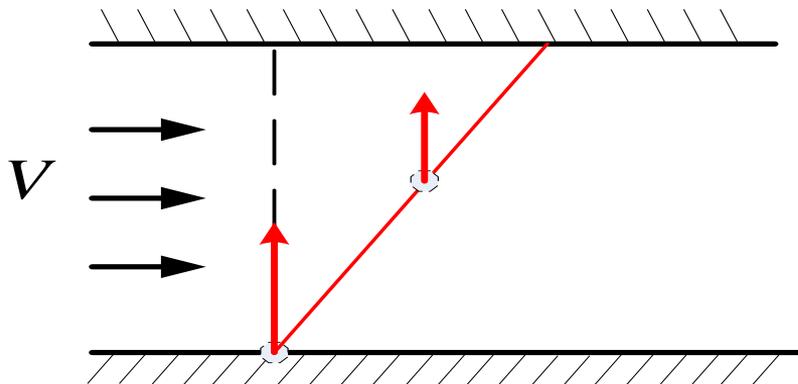
2. 根据出发点、到达点位置，反求航向和航程：

$$K = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta\lambda}{\int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \sec \varphi \cdot d\varphi} \right) \quad S = \Delta\varphi / \cos K$$



在风、流中推算航法计算

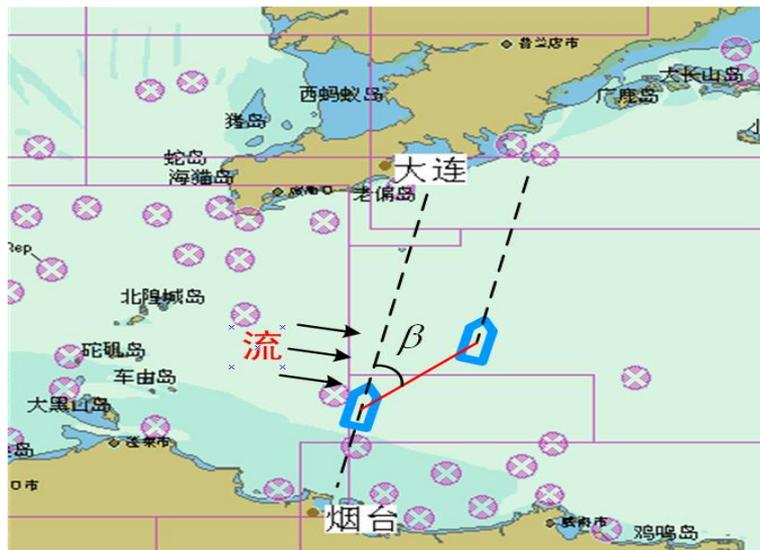
例子：过河问题。



航向与航迹向

在风、流中推算航法计算

流对推算航法的影响



流压差角 $\beta = K_{\beta} - K$

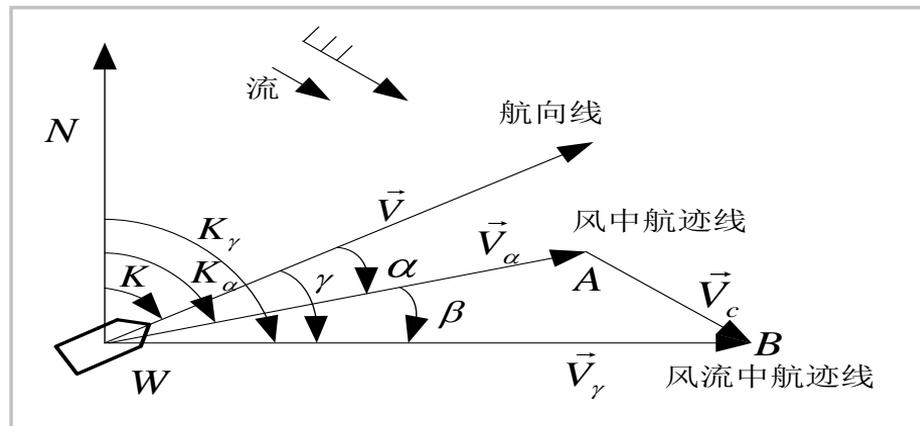
风对推算航法的影响



风压差角 : $\alpha = K_{\alpha} - K$

在风、流中推算航法计算

风、流对推算航法的影响



风和流对舰船航行的综合影响

风流合压差角：

$$\gamma = \alpha + \beta = K_\gamma - K$$

在风、流中推算航法计算

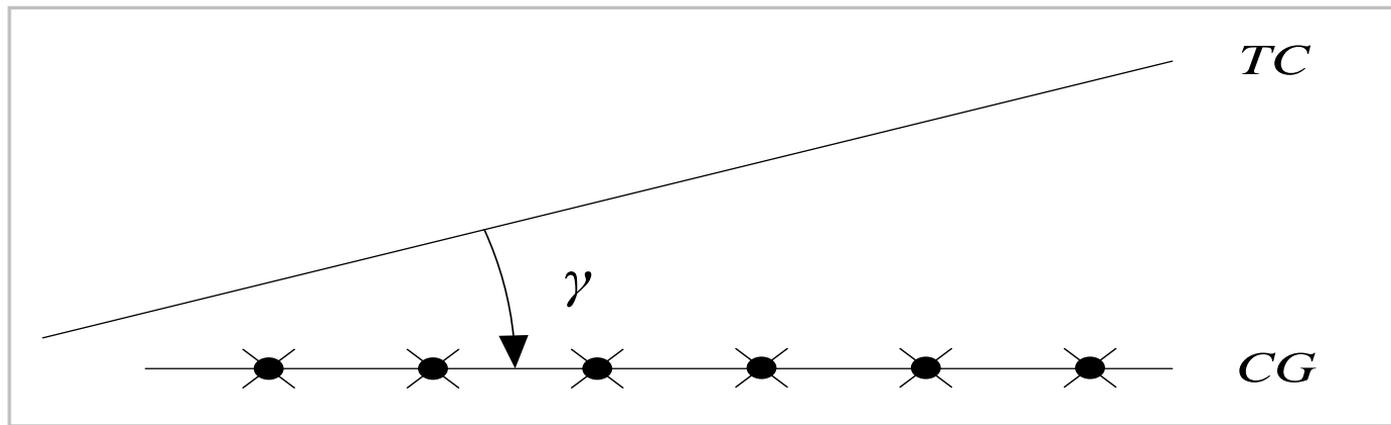
风、流压差角计算

准确掌握风、流压差对提高航迹推算精度至关重要。
只要条件允许，应尽量通过**实际观测**求取风流压差，从而提高推算精度。

在风、流中推算航法计算

风、流压差角计算——常用方法

1. 连续观测定位法

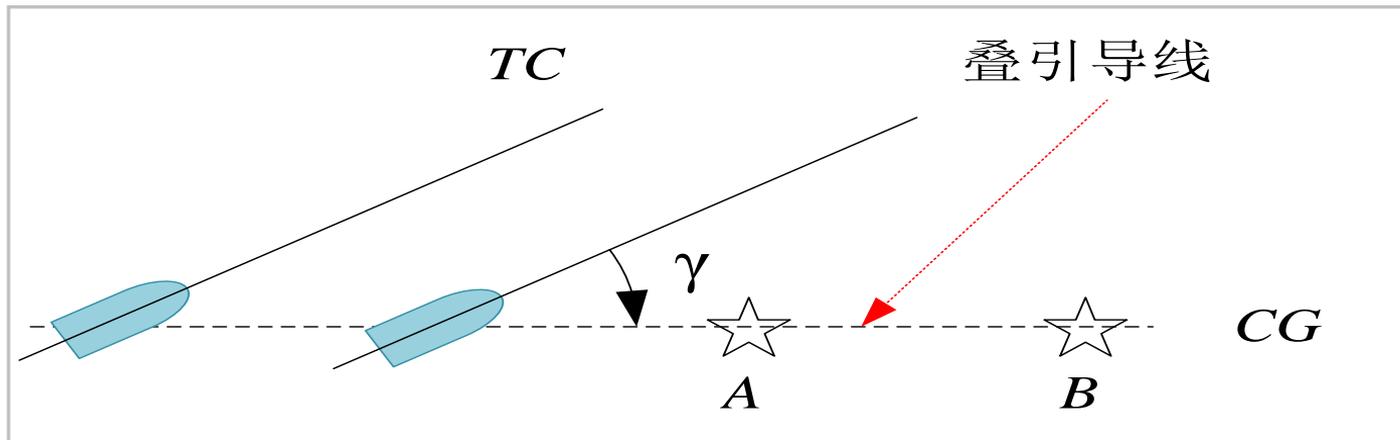


连续测出3-5个观测船位，根据平差法用直线连接各实测船位，该直线即为船舶在这段时间内的实际航迹。

在风、流中推算航法计算

风、流压差角计算——常用方法

2. 叠标导航法

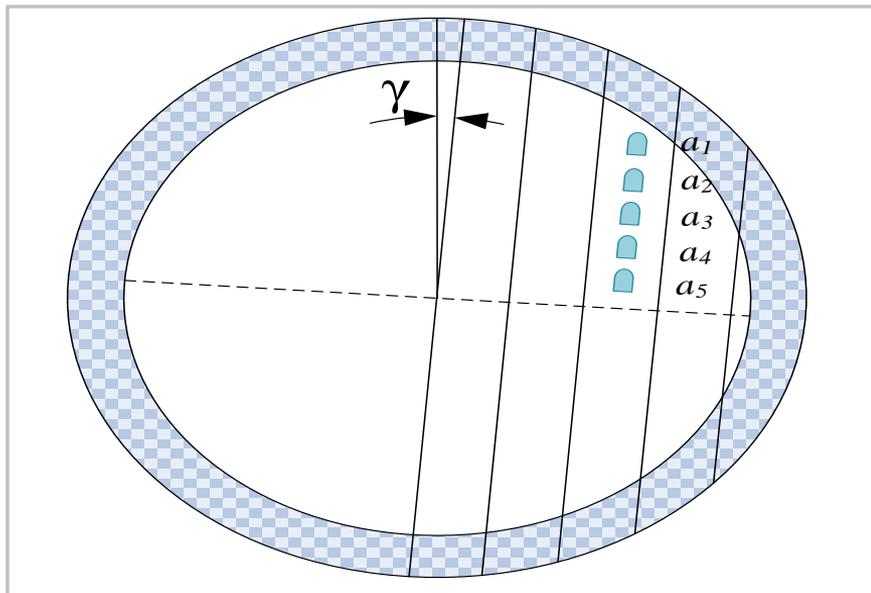


A和B为一组方位叠标的前后两个标志，两标连线的延伸线为叠标的引导线。操纵船舶沿该叠标先航行，该引导线即为船舶的实际航迹线。

在风、流中推算航法计算

风、流压差角计算——常用方法

3. 雷达观测法

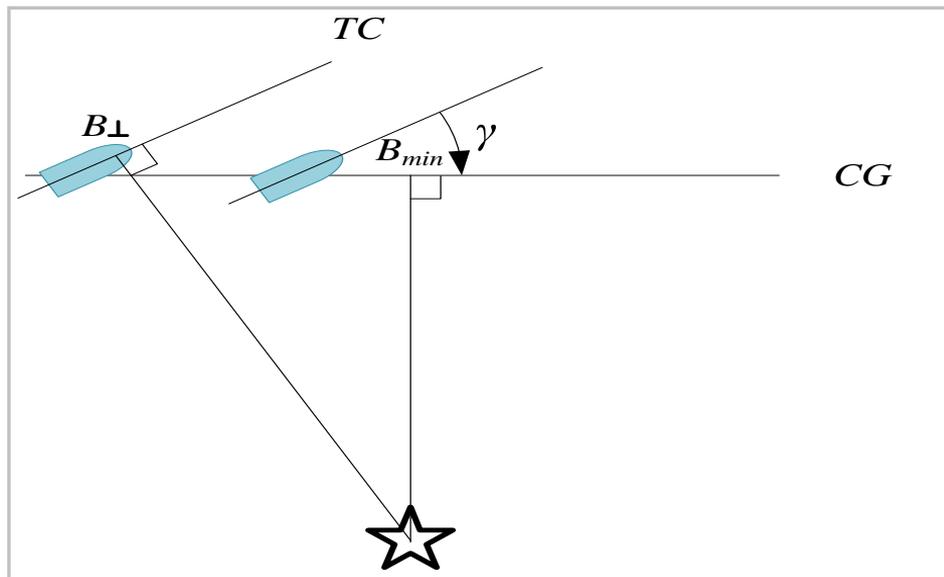


雷达屏幕上的船首标志线代表船首线。通过观测某一孤立的固定点状物的运动轨迹来确定船舶航迹向。在一段时间内，由物标回波点 $a_1, a_2, a_3 \dots$ 可以确定一条运动轨迹，转动方位标尺使其与回波轨迹线平行，则方位标尺在固定刻度盘上所示的读数即为风、流压差角。

在风、流中推算航法计算

风、流压差角计算——常用方法

4. 最小距离方位与正横方位法



如图所示，物标的最小方位为

$$B_{min} = CG \pm 90^{\circ}$$

正横物标方位为 $B_{\perp} = TC \pm 90^{\circ}$

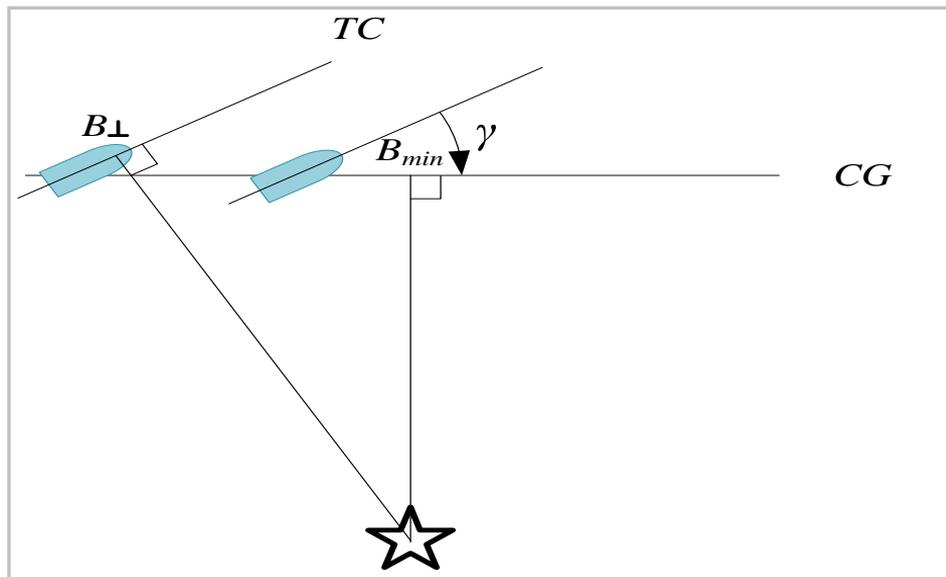
风、流压差角等于最小距离方位与正横物标方位之差

$$\gamma = B_{min} - B_{\perp}$$

在风、流中推算航法计算

风、流压差角计算——常用方法

4. 最小距离方位与正横方位法



测量时，首先在物标正横前连续观测物标方位和距离，并在物标正横时测定其方位。再根据一系列的物标方位，推断出物标的最小距离方位。进而根据上式求得风、流合差角。