

海 洋 學 講 義

航 海 系 用

內 部

中國人民解放軍海軍指揮學校

一九六三年十月

海 洋 学 讲 义

編著者：徐 傳 学

校閱者：徐 傳 学

出版者：中国人民解放军海軍指揮学校

印刷数：中国人民解放军海軍指揮学校工務

总編号： 63-51

※

字 数： 48,500

开 数： 16

印刷者： 316

目 录

前 言.....	3
海洋概說.....	5
第一章 波浪和海流.....	8
第一节 波浪.....	8
第二节 海流.....	12
第二章 潮汐和潮流.....	16
第一节 潮汐成因.....	16
第二节 潮汐計算.....	25
第三节 潮流成因.....	41
第四节 潮流計算.....	43
第五节 我国沿海潮汐潮流概况.....	53
第三章 海水的物理性質.....	55
第一节 海水鹽度溫度和密度.....	55
第二节 海水透明度和海色.....	61
附 录.....	65

目 录

前 言.....	3
海洋概說.....	5
第一章 波浪和海流.....	8
第一节 波浪.....	8
第二节 海流.....	12
第二章 潮汐和潮流.....	16
第一节 潮汐成因.....	16
第二节 潮汐計算.....	25
第三节 潮流成因.....	41
第四节 潮流計算.....	43
第五节 我国沿海潮汐潮流概况.....	53
第三章 海水的物理性質.....	55
第一节 海水鹽度溫度和密度.....	55
第二节 海水透明度和海色.....	61
附 录.....	65

前 言

海洋学是研究和观察全世界海洋现象的科学。海洋学所包括的内容非常广泛，本教材只在其中选择对海军活动有影响的部分内容讲授。

舰艇在海上活动，除了受到气象条件的影响外，还同时受到海洋条件的影响。其中影响最大的是浪湧、潮汐和流。

浪和湧都能使舰艇摇摆，影响火炮和鱼雷的射击，影响锚雷和水中栅网设备的作用和寿命。

潮汐能引起水位升降，舰艇在登陆作战、通过浅水区以及进行布、扫雷等战斗任务时，都必须加以考虑。

流对航向和航速的影响比风的影响更显著。

对于航海长来说，学习海洋学的主要目的在于会计算潮汐和潮流，并了解对舰艇活动和武器运用有关的海洋知识，以便利用有利的、避免或战胜不利的海洋条件。尤其是在未来若干年内，我海军在武器和技术器材装备方面，仍将处于劣势，所以一方面要充分發揮人的主觀能动性，繼承并發揚我軍的光榮傳統，另一方面，舰艇在日常訓練和每次海战中，都必须很好地考虑海洋和气象条件的綜合影响，并加以利用，以便更好地完成各项任务。

海 洋 概 說

一、海陆分布

地球表面的总面积是510百万平方公里，其中海洋面积是361.1百万平方公里，占70.8%；陆地面积是149百万平方公里，占29.2%。我国有“三山六水一分田”的俗語，这和海陆分布的情况是大致符合的。

海洋分为大洋、內海、边海、灣和海峡。

各大洋的水是相通的，并且是在不停地交流着，而陆地則被大洋所包围和分割。

海是大洋的一部分。深入陆地的海叫內海，如我国的渤海和欧洲的地中海。被一連串島嶼隔开的大洋的一部分叫边海，如黄海、东海、南海和日本海。

大部分被陆地包围，仅有一面通向海或大洋的水面叫做灣。灣的大小，差別很大。大的如波斯灣，小的如大連灣、膠州灣和北部灣等。

溝通两个海或海与洋的水道叫海峡，如台灣海峡溝通东海和南海，巴士海峡溝通南海和太平洋。海峡中一般水流較急，多渦流，海水的溫度、密度在水平和垂直方向的变化都比較大。

各大洋（包括属于它們的內海、边海、灣和海峡）的面积如下表：

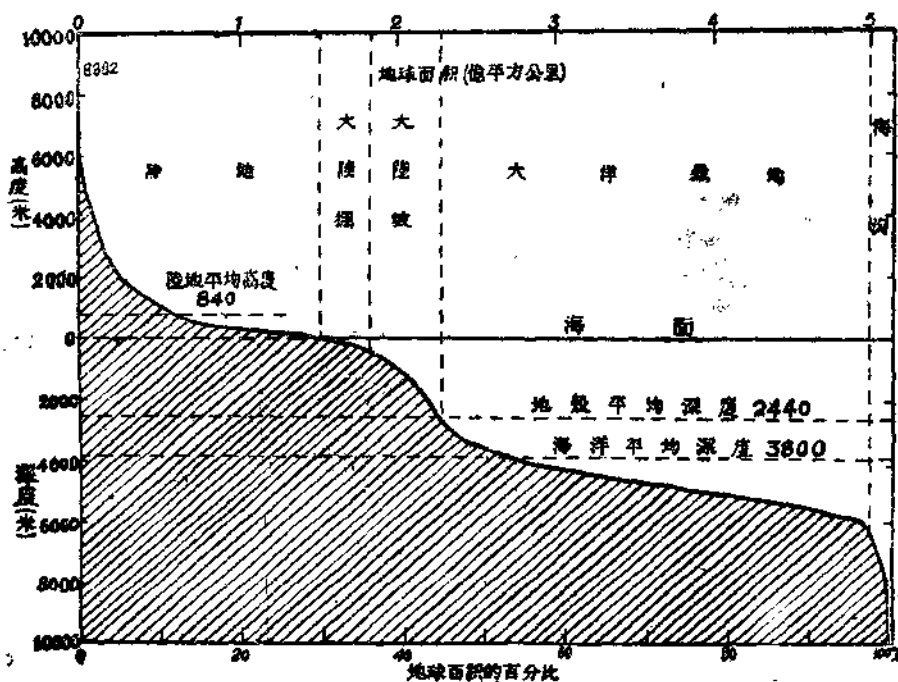
大 洋 名 称	面 积	
	百 万 平 方 公 里	百 分 比 (%)
太 平 洋	179.7	50
大 西 洋	92.4	25
印 度 洋	74.9	21
北 冰 洋	14.1	4
海 洋 总 面 积	361.1	100

二、海洋底貌

海洋的底部一般比大陆表面平坦。海洋底貌分为大陆棚、大陆坡、大洋盆地和海溝四部分。

1. 大陆棚 从岸边到水深200米的海底叫大陆棚，这是陆地的延伸部分，占海洋面积8%。它的宽度要看海底傾斜程度而定，在陡峭的岸边較窄，在平原沿海或江河口較寬。我国海区，除南海中部和东部較深外，其他都在200米以內。大陆棚的坡度很小，最宜于潛艇活动和利用水中武器。

2. 大陆坡 从水深200米到2410米的海底，叫大陆坡。它占海洋总面积的11%，傾斜度比大陆棚大。



海洋地貌划分

3. 大洋盆地 从水深2440米到6000米的洋底，叫大洋盆地。它比较平坦，占海洋总面积的78%，是海洋底部的主要部分。

4. 海沟 水深超过6000米的洋底，叫海沟。一般都在岛屿附近，倾斜度很大。1962年11月2日，在菲律宾东明德纳奥海沟（127°25'E，06°06'N）用回声探测仪测得该海沟最深处为11560米，这是到现在为止所发现的最深海沟。

陆地的平均高度是840米，海洋的平均深度是3800米。如果把全部陆地都移到海洋里去，整个地球表面水深仍有2440米，这叫做地壳平均深度。

三、海洋底质

海洋学上把海洋底质分为许多种，在航海方面则比较简单。航海上常见的底质符号如下表：

底质名称	符 号	说 明
泥	泥 或 M	包括淤泥和黏土等
沙	沙 或 S	包括细沙和粗沙等
石	石 或 St	包括板石和鹅卵石等，有时把岩(R)、圆礁(P)和礁(G)也归入这类
贝壳	貝 或 Sh	

在上述底质中经常混杂着海草、海绵珊瑚等海洋生物。

底質的分布和海岸性質有關係。我國杭州灣以北海岸，大都是以沖積平原為基礎，所以沙岸較多，岩岸較少。但在山東半島和遼東半島尖端及秦皇島、葫蘆島附近也有一些岩岸。杭州灣以南海岸，大都是以下沉的沿海丘陵地為基礎，所以岩岸較多，沙岸較少。但在台灣西岸、雷州半島和海南島沿岸、珠江口和韓江口等地，沙岸比較集中。

海洋底貌和底質對海軍活動有密切關係。海岸的傾斜度過大或底質過於鬆軟，在登陸作戰中，對於坦克的運動和重型兵器的拖帶都是不利的。泥底最适于拋錨，但不适于潛艇坐底；沙底最适于潛艇坐底，拋錨也還可以；石底則都不適合。利用水鉞或測深儀連續測深，以對照海圖判定艦位，是艦艇夜霧中航行的重要輔助手段。

第一章 波浪和海流

第一節 波 浪

一、波浪的成因

海水和其它液体一样，当受到外力作用时，水质点就在其平衡位置附近作周期性的振动，振动状态的传播，就成为波浪。

风力、潮汐力以及地震、火山爆发等，都是产生波浪的力量。但海面的波浪主要是由风而引起；风愈大，浪也愈大。

如果仔细观察波浪的传播，就会发现：水质点并不随波前进，而只在其原来的平衡位置附近作周期性的振动；无风时，投任何漂浮物体于波浪中就可证明。

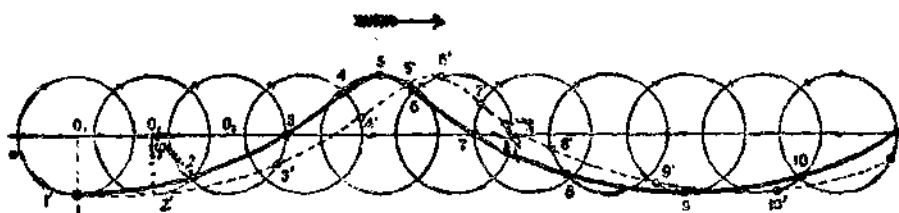


图 1-1 波浪中水质点的运动

图 1-1 指出由风所引起而又当风停后，波浪的传播与波浪中水质点运动的关系。

无风时，设海面各水质点 O_1 、 O_2 、 O ……都静止在同一水平面上。风起后，水质点因受风力的作用，就绕它原来静止位置，作封闭曲线运动。设风从左向右吹，水质点 O_1 首先开始运动，以后 O_2 、 O_3 ……依次开始运动。风停后，因惯性作用，水质点并不立即停止运动，而是以原来的静止位置为中心，作圆周运动。由于 O_1 首先开始运动，所以 O_2 比 O_1 、 O_3 比 O_2 ……都要落后一个 φ 角，即当 O_1 到达位置 1 时， O_2 、 O_3 ……分别到达位置 2、3、……，把同一时间各水质点的位置联接起来，就是一个波浪的侧影（实线）。

经过短时间后， O_1 到了 1'， O_2 到了 2'，……这时，再把各水质点的位置联接起来，又是一个波浪的侧影（虚线），但波浪已顺着原先的风向传播了一段距离。

从上图还可看出：水质点运动到最高点的位置，就是波顶。在波顶时，水质点运动的方向与波浪前进的方向相同。水质点运动到最低点的位置，就是波底。在波底时，水质点运动的方向与波浪前进的方向相反；圆周的直径就是波高；相邻水质点间落后的 φ 角度愈小，则波长愈

大；水質点运动一周，波浪向前傳播一个波長的距离，即波浪的周期与水質点作圓周运动的周期相同。

已形成的波浪在風的繼續作用下会逐渐变形，波浪的背風面比向風面要陡，这时，水質点并非作圓周运动，而是作更复杂的封閉曲綫运动。如果波頂处水質点的速度比波浪的傳播速度大，則水質点离开水面成为“浪花”。

在产生波浪的風区，如果風力大为减弱或平息，或当波浪傳到了无風区，在繼續傳播过程中，因受到空气的阻力和海水的內摩擦等影响，能量逐渐消耗，波高变小，波長变大，这种波浪叫做“湧”。

波浪的大小不但决定于風力的大小，还和風作用的时间（風时）及風作用的面积（風区）有关。某一固定風向、風力的風作用的时间越長，波浪也越大，但也有一定的限度。由于海水有慣性，作用时间很短或突然發生的風，都不会引起大浪，并且浪涌的發生、增大和停息都比風落后一段時間。另外，風区越大，浪也越大，所以吹离岸風时，近海的浪比远海小，吹向岸風时，近海和远海大致相同。

二、波浪随深度的变化

波浪中水分子的运动，可以傳到一定的深度。根据余摆綫波浪理論証明：当表面的水質点作圓周运动或其他封閉曲綫运动时，以下各層水質点也是按同样的封閉曲綫运动，各層波浪的波頂波底，都和表面波浪的波頂波底在一条垂直綫上，即周期和波長不随深度改变，但是波高却很快减小。余摆綫波浪理論指出：当水深按算术級数增加时，波高則按几何級数减小（見下表）。在水深等于波長的深处的波高，只有表面波高的 $\frac{1}{29}$ ，即 $\frac{1}{512}$ ，可以認為沒有波浪了。

所以說波浪的波長有多長，波浪就只能达到多深。利用波浪的这种特点，当風浪太大时，潛艇就可以潛入水下航行。

波高随深度的变化（ λ —波長， h —海面波高）

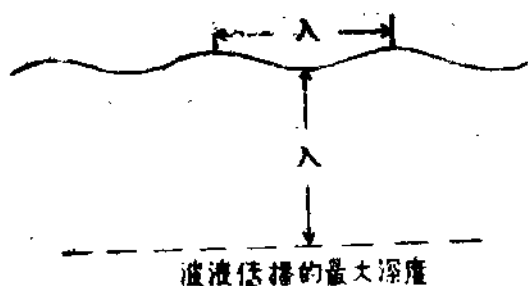
水 深	$\frac{1}{9} \lambda$	$\frac{2}{9} \lambda$	$\frac{3}{9} \lambda$	$\frac{4}{9} \lambda$	$\frac{5}{9} \lambda$	$\frac{6}{9} \lambda$	$\frac{7}{9} \lambda$	$\frac{8}{9} \lambda$	$\frac{9}{9} \lambda$
波 高	$\frac{1}{2} h$	$\frac{1}{2^2} h$	$\frac{1}{2^3} h$	$\frac{1}{2^4} h$	$\frac{1}{2^5} h$	$\frac{1}{2^6} h$	$\frac{1}{2^7} h$	$\frac{1}{2^8} h$	$\frac{1}{2^9} h$

根据波浪傳播可能达到的深度，把波浪分为两种：

（一）深水波浪也叫短波。它的波長比水深小很多，波浪达不到海底，（图1-2）。波浪的傳播速度和水深无关，只与波長有关。即波速 $C = \sqrt{g\lambda / \pi}$ （ g 为重力加速度）。

（二）浅水波浪也叫長波。它的波長比水深大很多，所以从海面到海底都有波浪（图1-3）。它的速度与水深有关，海愈深，波速也越大。即波速 $C = \sqrt{gd}$ （ d 为水深）。

短波傳播到浅海时，会轉变为長波，波速减小。



海底无波浪

图1-2 深水波浪

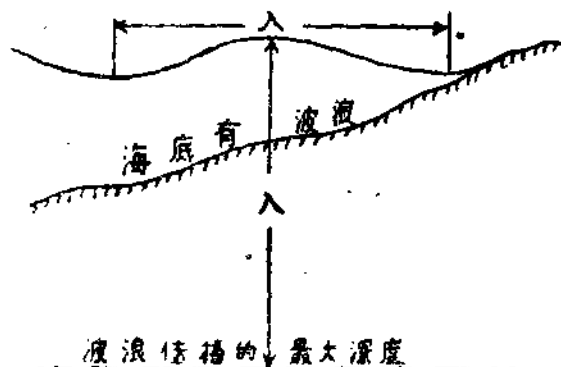


图1-3 浅水波浪

三、波浪的分类

根据波浪的外形和对航海的影响，把波浪分为下述四种：

(一) 涌 涌比一般风浪的波长要大，波顶比较平滑。涌的传播速度较大，涌来的方向，就是大风区所在的方向，涌愈大，说明大风区的风也愈大。由于涌的波长较大，影响的深度也必然较大，所以涌比浪更容易使舰艇摇晃。

浪和涌的大小按下表确定。

海浪（风浪及涌浪）等级表

风浪或涌浪等级	波高(h)的范围(米)	风浪等级名称	涌浪等级名称
0	—	无浪	无涌
1	$h < 0.3$	微浪	小涌
2	$0.3 \leq h < 0.8$	小浪	
3	$0.8 \leq h < 1.3$	轻浪	中涌
4	$1.3 \leq h < 2.0$	中浪	
5	$2.0 \leq h < 3.5$	大浪	大涌
6	$3.5 \leq h < 6.1$	巨浪	
7	$6.1 \leq h < 8.6$	狂浪	巨涌
8	$8.6 \leq h \leq 11.0$	狂涛	
9	$h > 11.0$	怒涛	

(二) 扑岸浪 不论什么风向引起的波浪，当它传到岸边时，总是直向岸上扑去，这就是扑岸浪。扑岸浪的成因可用图 1-4 说明：岸边水浅，波速小，离岸远处水深，波速大，所以波

浪傳播方向逐漸發生折射，直向岸邊奔去。這時波浪底部受到海底摩擦，速度大減，波峯明顯向前突出，向下撲倒，浪花飛濺，在傾斜較急的岸邊更是厲害，撲岸浪的撞擊力很大，可以超過 20 噸/米²，所以小艇在岸邊停泊，登陸或近岸作業時，必須考慮這種影響。

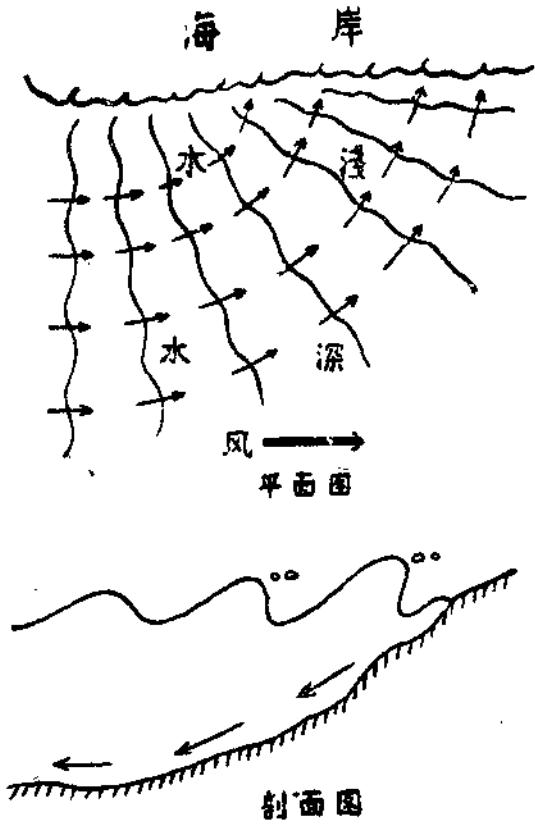


图 1-4 扑岸浪

另外，由於折射作用，使海岸突出處成為波浪輻合區，凹進處成為波浪輻散區（圖1-5）；輻合區波浪比輻散區大，衝擊力強。在選擇錨地或登陸點時，一般應避免波浪輻合區。

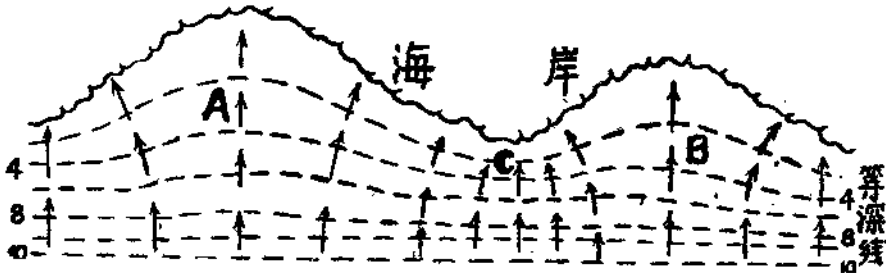


图1-5 波浪的輻散區(A、B)和輻合區(C)

(三) 碎浪 波浪遇到淺灘或暗礁時，就會破碎為碎浪。碎浪區域的波高、波長和飛濺的浪花，都和周圍不同。碎浪能幫助航海人員發現淺灘或暗礁。

(四) 三角浪 这是由方向相反或几个方向的波浪相撞而成的波浪。波形很陡，波峰成角錐形上下跳动，波浪方向分辨不清。台风中心附近常有三角浪，艦艇遇到三角浪时，操纵比较困难，容易损伤结构。

四、波浪对海军活动的影响

由波浪所引起的艦艇摇摆，会增加火炮和鱼雷射击瞄准的困难。大浪能拉断锚雷的雷索，使海面出现漂雷，这就影响到雷陣的水雷密度，并使艦艇增加了触雷的危险。被大浪拉断了锚鏈的艦艇，有可能发生碰撞或搁浅事故。

輕微浪花有助于掩护潛艇用望远镜进行观测，但浪花过大时则有碍观测。

艦艇在波浪中航行时，由于艦身的摇摆和波浪的冲击，可使艦体受力不均而损伤。風浪过大时，水面艦艇为了防止主机因推進器离开水面而产生負載剧变现象，常需降低主机的轉速，因而使航速減低。

在大浪中如果有紧急需要，例如营救落水者或系水鼓，可洒油于海面以平浪。

海面有波浪是经常的现象，艦艇人員必須了解本艦的耐波性能，有时为了減輕不良的摇摆和波浪对艦艇的撞击，需要及时改变航向或航速，以便充分发挥武器的威力和保证航行的安全。

第二節 海 流

一、流的分类

海洋中的水团向前运动，叫做海流。

流的分类方法很多，下面介绍三种。

(一) 按航海学分有定流、風流和潮流。

定流 是由于信風或盛行風的長期吹动而产生；流向流速几乎不变。

風流 是由于短时風力作用所引起的暂时性的流；流向流速随風向風速而变。

潮流 是由于潮汐的漲落所引起；流向流速在一定的范围内作周期性的改变。

(二) 按深度分有表面流、深水流和底層流。当潮流发生时，从海面到海底，海水都同时流动，只是底層流速比表面的稍小。

(三) 按物理性质分有暖流、寒流和中性流。

暖流 水团的温度比它所经过的海区海水的温度高。从低緯向高緯的流，一般属于暖流。

寒流 水团的温度比它所经过的海区海水的温度低。从高緯向低緯的流，一般属于寒流。

中性流 水团的温度与它所经过的海区海水的温度相差不大。东面向的流，一般属于中性流。

气压和海水密度的分布不均、江河流入以及降水等，也会引起海流。海流常常是由几种流合成的，在远海或大洋，定流最为显著，沿岸则以潮流最为显著。

二、流随深度的变化

海面有風时，就会带动海水流动。当海水一旦流动时，就会受到地轉偏向力和摩擦的影响，因而使得北半球大洋表面流偏在風向的右边約 45° （图1-6 A。証明見气象学第四章第二节風与气压梯度的关系）。

海面有流时，由于海水之间的黏滞作用，下层海水也会随着流动，依次还会带动再下层海水流动……。但随深度的增加，流向逐渐向右偏，流速逐渐变小（图 1-6 B）。到某一深度，流向恰与表面流相反时，流速约为表面流的1/23，该深度叫摩擦深度。故测得表面流速后，就能算出摩擦深度的流速。

摩擦深度D（米）可用下列实验式求出：

$$D = \frac{7.6W}{\sqrt{\sin \varphi}}$$

式中W为风速，用米/秒作单位， φ 为纬度，可知在同一纬度，摩擦深度与风速成正比。

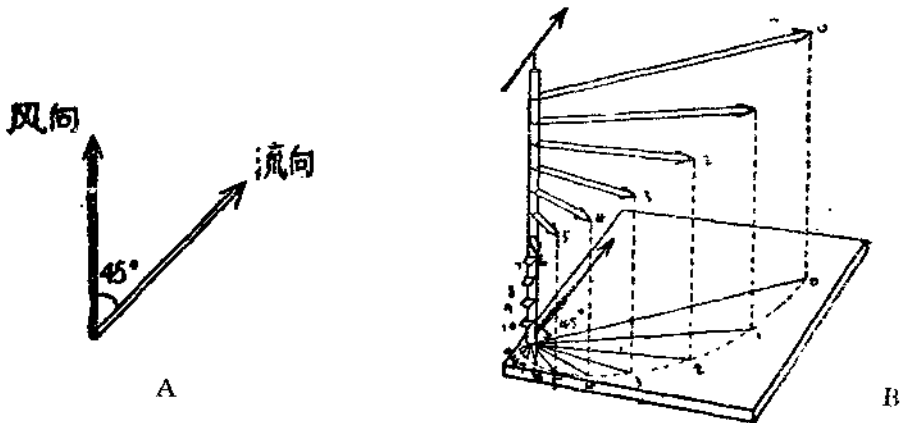


图1-6 流与风的关系和流随深度的变化

三、流的观测

（一）航行测定法

舰艇在流中航行时，因为流的影响，实测舰位会偏离推算舰位，比较它们之间的偏差就可以求出流向流速。图 1-7 中，设A是起航点，B是推算舰位点，C是实测舰位点，B和C的偏差就是流造成的。设t为舰艇从A至C的航行时间，则流速等于 $\frac{BC}{t}$ ，流向就是BC。

航行法测流，简单易行，是舰艇上最常用的方法，但由于计程仪、罗经和操舵的误差及风的影响，测的结果不很准确，为了减小误差，可以取多次观测的平均值。

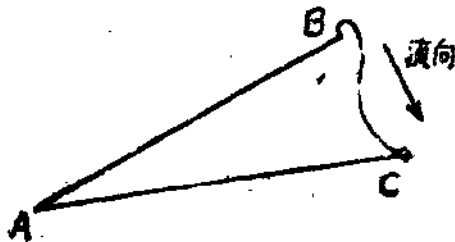


图1-7 航行法测流

(二) 雙联浮筒測定法

雙联浮筒流速仪是由两个大小相等的直径20—30厘米，高40—50厘米的圓筒組成。上筒封死或塞紧，下筒开口，内装砂石等重物，用来調节上筒的浮力使頂部剛好露出水面（图1-8）。联接兩浮筒的繩長依需要測的深度而定。測表面流时，自上筒底到下筒中部的長度为1米。上筒頂环上拴繩，繩上有長度記号，用以測流速。繩上每隔10米拴一浮标，以增加繩的浮力。

用雙联浮筒測流，应在抛錨的艦艇或舢舨的船尾进行。为了避免船尾渦流对浮筒的影响，要先把繩放出1.5倍船長（ l ），然后开始計算時間，根据当时流速的大小，放出的繩長約90—30米（不包括1.5倍船長）。

$$\text{流速 } V = \frac{L - 1.5l}{t}$$

L 为放出的总繩長，

t 为觀測時間。

在船上用罗經測出浮筒流去的方向就是流向。

(三) 經驗計算法

在深海或大洋的表面，測得風速后，表面流速可用下列經驗公式求得。

$$V = \frac{0.026}{\sqrt{\sin \varphi}} W$$

式中 V 为流速（节）， W 为風速（米/秒）， φ 为緯度

只有当風向穩定、風力达到4—7級，而且等到風流在風作用后（一般4—8小时）变为穩定时，才能使用上式。

除以上方法外，艦艇抛錨时，还可以用投木塊方法測流。即在艦艇选定兩点，量好距离，在上游点投出木塊，同时开始計时，当木塊通过下游点时再記時間，兩点距离除以木塊通过兩点的時間間隔就是流速，当时艦首尾綫的方向就是流向。

不論用那种方法，如所測得的流速小于6 浬/天，都可看作沒有流。

(四) 根据海流图求流向流速

航海保証部門把觀測到流的資料匯集整理后，編印成海流图，作为航行的参考。海流图的种类很多，每种图都附有說明，根据說明就可以从图上求出流向流速。

下面介紹两种海流图：

1. 海流流綫图 把海图按經緯度分成許多方格，求出每个小方格中流的合速度，用箭头及数字表示出来，如图1-9 A中箭头表示流向东北，箭头左边的数字表示流速（12 浬/天），右边数字表示觀測次数。

2. 海流頻率图 从这种图上不但能看出流向流速，还能根据不同箭头的長短，看出各种流速的百分比。如图1-9 B表示觀測次数35次，其中有4%次的流速小于6 浬/天；东南方向的流有三种速度，流速6—12 浬/天的有15%次，流速25—48 浬/天的有15%次，流速49—72 浬/天的有10%次，三种符号長度加起来表示东南方向流共有40%次；所有图上各种符号長度加起来总共为96%次。

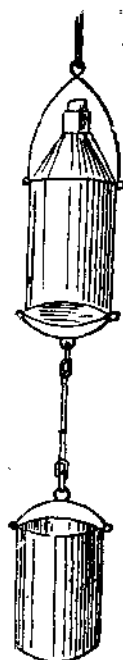


图1-8 雙联浮筒流速仪