

船舶小叢書

實用船舶螺旋槳

梅琴生編著



人民交通出版社

船舶小叢書

實用船舶螺旋槳

梅琴生編著

人民交通出版社

書号: 15044·6076

实用船舶螺旋槳

梅琴生編著

人 民 交 通 出 版 社 出 版

北京安定門外和平里

新 華 書 店 發 行

上 海 市 印 刷 公 司 印 刷

1956年9月上海第一版 1956年9月上海第一次印刷

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ 印張: $3 \frac{1}{2}$ 張

全書 74,000字 印数: 1—4100册

定價(9): 0.38元

上海市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六号

目 錄

第一章	基本概念	1
第二章	螺旋槳的術語及工作原理	9
第三章	螺旋槳的設計與構造	26
第四章	螺旋槳的螺距測量與總圖繪制	57
第五章	螺旋槳的鑄造	68
附 錄:		
1	主機馬力的確定	77
2	葉瓣 $r_{0.2}$ 剖面的厚度計算	85
3	螺旋槳總圖 (35)	87
4	$B_p \sim \sigma$ 圖譜 (圖 36~41)	88
5	螺旋槳葉瓣結構及外形 (表 12~14, 圖 42~43)	94
6	常用數值表 (表 15~25)	99

第一章 基本概念

1. 船的推進

在船上，用竹篙撐岸，這舉動好像要把岸推開，但岸馬上會產生相反的推力，回推竹篙，由竹篙而傳到撐篙的人，再傳到船身，船就被推動而離岸。同樣的理由，用槳划船，槳推動水。同時水也產生相反的力推槳，由槳而推動船，如此，不斷的划槳，船也就不斷地被水推動而航行。以上事實說明：航行中的船，可以說是被水不斷推動而行駛的。但是人力划船，力量小，又是間歇性的划，得到水的回推力也小。所以船速遲緩且不均勻。帆船利用風的推力，雖然要較搖櫓划槳來得快，但又受風向限制，不能隨時滿足航行者的需要，也就是不可靠。因此，在十八世紀以前。要使船航行快的話，最可靠的辦法是多用船員划槳；如端午節龍舟競渡，就是一個例子。可是這樣也不好，一則船的容量有限，把寶貴的艙位，給船員等占去很多，不經濟；二則因人多，管理及給養也困難。一直到蒸氣機应用到船上，上述阻礙發展航運的問題，才得到解決。將類似船槳的葉瓣與露在船体外水綫下的軸連結，通過船上主機帶動軸在水中不斷地旋轉，於是葉瓣也隨而不斷地旋轉；葉瓣將水向船行方向相反的一面推開，與人力划槳一樣，因水的回推力，船被推動而航行。這種葉瓣叫做明輪，它是船舶上最初使用的推進器。到目前為止。应用最廣的船舶推進器，則是螺旋推進器，或稱螺旋槳。螺旋槳廣泛地被采用，是由于重量較小，在各種工作條件下，有可靠的作用，推進效率也高，并且

構造簡單，管理方便。

2. 螺旋槳的形狀

螺旋槳的形狀，很像夏天吊在房頂上的電扇，由幾片同樣大的徑向葉瓣，裝置在腰鼓形的被稱為殼的共同圓筒外壳上所構成（如圖 1）。裝置着的葉片數由二個到六個。採用得最普遍的是三瓣和四瓣螺旋槳。裝置時，各葉瓣間的夾角 θ 都相等。在較小的螺旋槳，槳葉與殼身是整個澆鑄成的；而較大的螺旋槳，為了鑄造方便以及其他原因，葉瓣與殼身分別澆鑄，然後用螺栓或鉚結等方法裝合而成的。螺旋槳殼中有圓錐形孔，錐形大小，斜度等必須與裝置在該船尾軸的末端完全相符，如此在裝置時，螺旋槳就套在軸端上面很吻合，並用鍵銷嵌入，使能堅固地隨軸旋轉。殼後旋緊螺帽，將螺旋槳與軸緊密連結，防止殼鬆脫，它當螺旋槳反向迴轉時，則反向傳遞推力到船身，使船后退。

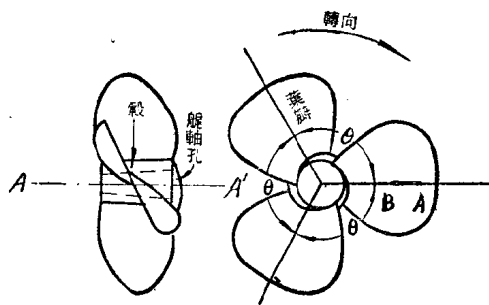


圖 1 三葉螺旋槳（繞 A-A' 軸右轉）

螺旋槳旋轉時，它向船的后方推開大量的水，被推開的水的反推力，作用到槳葉上，形成螺旋槳的推力，推船前進。在圖 2 上，葉瓣與殼同軸，在葉瓣剖面 r 處，有二個運動方向，

一为前進的方向即 V_P 的方向，一是繞艀中心軸的旋轉方向即 V_T 的方向，这两个不同方向的速度 V_P 和 V_T ，組合而成合速度 V 。由于叶瓣旋轉时，击水并受到水的反冲击力 R ， R 方向垂直于叶面， R 又產生二个分力：一为分力 P ，与行船方向相同，也就是水推船前進的有效推力；另一分力为 S ，与分力 P 互相垂直，是起着阻碍螺旋槳運轉的逆作用力。为了克服掉这逆作用力，保持螺旋槳的繼續旋轉，就得消耗主机的能量。螺旋槳在船后，既一面随着艀軸旋轉，一面又随着船行方向行动，它的运动方式，与螺栓在螺母中的运动相似，因此將这种使船推進的设备，称为螺旋推進器，简称螺旋槳。

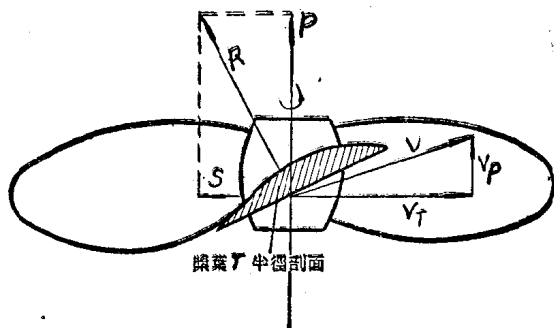


圖 2 螺旋槳工作原理

3. 船舶裝置螺旋槳數目的選擇

船舶裝置螺旋槳的大小及其数目，依据所需獲得的推力來決定，而推力又決定于船型的肥瘦，船速的快慢，排水量大小，以及船的工作性質。当然，排水量大、船速快、船型肥，所需的推力就大。拖輪、漁輪等因工作特殊，所需推力特大。至于推力，除一面需有足够的主机馬力，維持螺旋槳的轉速外，叶

瓣的总推水面積，也必須够大，以便在單位時間內，能推开足量的水，獲得足量的推力。

若螺旋槳轉速已定，推力也已決定，則所需槳葉的总推水面積，也能隨而決定，而槳葉數的決定，也是根据总的槳葉推水面積而得。按理講，在面積及轉速已決定的条件下，葉瓣數越少，葉外形越窄，則各葉瓣間間隙就越大，運轉時各葉瓣所推動的水，互相干擾的程度就少，推進效率就可以隨而提高。但這樣一來，勢非單純增長葉瓣不可，因為槳葉少，軸在轉動時所受到的轉矩不易平衡，易引起或增加船在航行時的震動。再如槳葉的長短，還須視艫下的地位來決定。綜上理由，一般採用三瓣或四瓣的螺旋槳。前者適用於高轉速船舶，后者適用於低轉速船舶。葉數既肯定，則每瓣槳葉的面積也能決定，槳葉的面積是葉長與葉平均寬的乘積。葉長應受吃水限制，即往下葉尖不宜越出船底龍骨綫，以免碰撞，往上葉尖不宜露出水面，以免發生空車（即擊不到水）運轉而使推進效率降低，所以通常螺旋槳的直徑受船舶在重載吃水時，艫下的地位所限制，大槪直徑占重載吃水的70~80%。而船的吃水又受航道深淺的限制，因而往往在吃水的限制下，不能裝置單螺旋槳時，就得裝置二只或二只以上的螺旋槳，以達到所必須具有的推

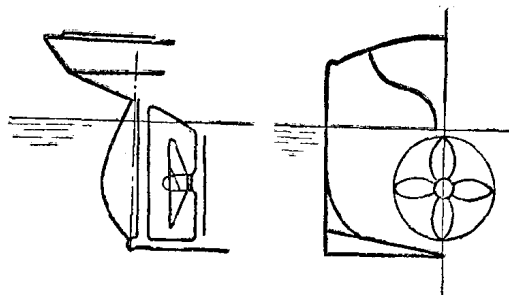


圖 3a 單槳船螺旋槳裝置

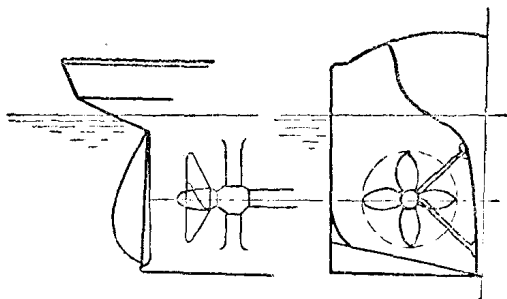


圖 3b 雙槳船螺旋槳裝置

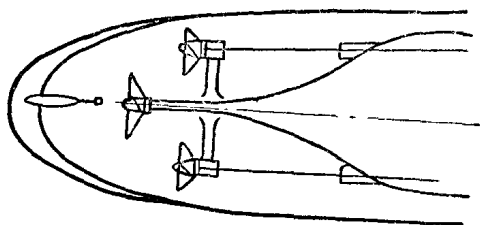


圖 3c 三槳船螺旋槳裝置

力。螺旋槳的數目，通常也就等于主機的座數。螺旋槳不同數目裝置在船上的情形，如圖 3 所示。

4. 螺旋槳葉瓣的外形

螺旋槳的外形輪廓，以槳葉而言，通常可分對稱與不對稱二類。所謂對稱是指葉頂尖在葉瓣的中心軸上，葉瓣成橢圓形，這一類又可分寬葉尖與窄葉尖二種。不對稱的槳葉是指葉瓣頂尖偏在一邊，不在葉瓣軸上，葉軸不居葉瓣的中央，葉左右兩邊到葉軸的水平距離都不等，形成朴刀形如圖 4 所示。這一類也可分寬葉尖與窄葉尖兩種，寬葉的螺旋槳最適用於低速負荷大的船舶，如拖輪、漁輪等。窄葉尖的螺旋槳最適用於高

速負荷較小的船舶，如郵船、快艇、客貨輪等。橢圓形葉瓣通常被作為標準形，因為它在任何工作情況下，都具有一定的良好的推進效率。但是朴刀形的葉瓣，假使設計得很好，就是說葉瓣左右兩邊到葉軸的水平距，與最大葉寬的比例分配率分得妥善的話，其推進效率往往比橢圓形葉瓣還要高。雖然如此，螺旋槳的外形輪廓，並不是決定推進效率好壞的主要因素；換句話說，影響推進效率不大，因而在必要時，可以根據已決定的槳葉推水面積、螺旋槳直徑、平均葉瓣寬等數字，結合船的工作條件，適當安排出葉瓣外形來。這樣安排出來的葉瓣外形，雖然不易保證會有好的效率，但一般還能合用。

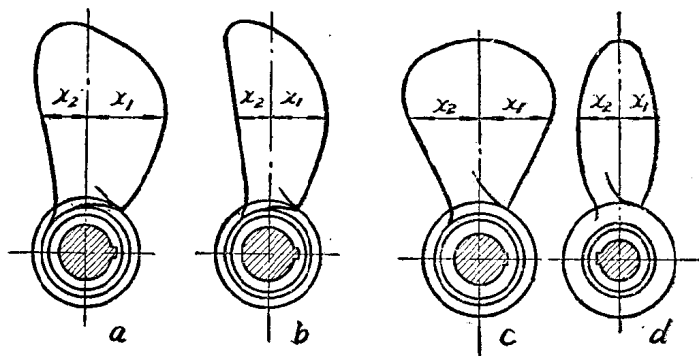


圖4 a、b 是不對稱 $x_1 \neq x_2$ c、d 是對稱 $x_1 = x_2$

5. 螺旋槳葉瓣強度

螺旋槳葉瓣寬度，隨直徑及推水面積而定，一般在葉根部較窄，往上逐漸加寬，到葉瓣半徑的 $\frac{2}{3}$ 處達到最寬，再往上又逐漸變窄以至葉尖。葉瓣的最大寬度，約等於平均葉寬的1.20~1.35倍。

螺旋槳的葉瓣厚度，是沿着它的直徑而變的，因為螺旋槳

在水中的工作情况，与懸臂梁的工作情况相似。叶瓣各部負荷的分布均不同，越近根部所受的弯矩越大，因而叶根为最厚。通常在殼軸綫上叶根厚度 t_0 約等于螺旋槳直徑的 4~7% 左右，如圖 5 所示。自根部到叶尖的厚度，随着弯曲力矩的分布情况，几乎是直綫形的遞減，叶尖厚度在半徑的 95% 处，約为螺旋槳直徑的 3% 左右，叶尖处厚度約为螺旋槳直徑的 1%，均如圖 5 所示。因此在叶軸处縱剖面的形狀，近似三角形。至于叶瓣各半徑处的橫剖面形狀，最通用的是翼型截面与平直弓形截面二种，如圖 5 所示。平直弓形截面的弓弦为叶面，在击水

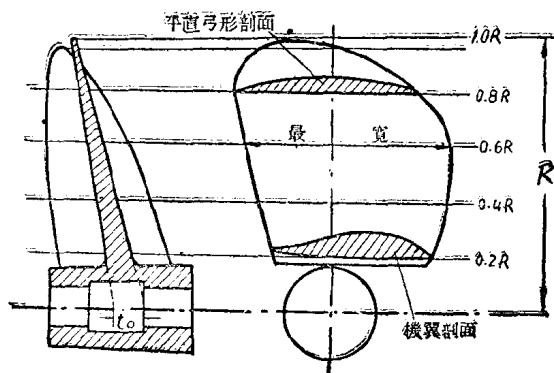


圖 5

一端(船前進旋轉时的)的叶面，在某种場合下，有做成稍微的翹起，以减少水阻力。弓弧为叶背，截面最厚的地方是在叶面的中央。机翼截面的平直部分也是叶面，叶背成流綫型，在离击水一端(船前進旋轉时的) $\frac{1}{3}$ 叶面处为剖面的最厚地方。弓形截面效率低，但構造簡單，适用于小螺旋槳。机翼截面的水阻力較小，效率較高，但不宜用于叶尖处，因易引起空泡現象的不良后果(意义詳后)，而且制造較困难。螺旋槳叶瓣的截面形狀，

一般采用混合截面，即半徑 $\frac{1}{2}$ 以上采用平直弓形截面， $\frac{1}{2}$ 以下各剖面，采用机翼截面，如此可得較高的推進效率，如圖 5 所示。

6. 螺旋槳材料

螺旋槳所用的材料，有鑄鐵、鑄鋼、銅等金屬，尤其是銅与鑄鐵更为常見。銅質柔軟，表面光滑，阻水性少，而且耐腐蝕、韌性强，所以虽然价格貴，但采用仍很普遍。鑄鐵价格低、來源丰富，所以虽然其性脆弱，不耐腐蝕，也仍被廣泛使用，尤其是低速船，如拖輪等。鑄鋼具有銅及鑄鐵的优点，但在海水中不耐腐蝕，价格貴，鑄造时技術性高，因而采用就不如上述二种廣泛。在較大的螺旋槳也有采用其他輕合金的材料，如鋁合金等，采用的目的是在不減少槳叶的強度下，減輕螺旋槳的重量，使運轉时，轉矩減少，以增加推進器本身的推進效率。

为防止螺旋槳叶瓣腐蝕起見，有的在叶瓣表面上噴塗一种防腐的金屬層。

螺旋槳裝置在船尾，其運轉方向随主机的運轉方向而定，有左轉的，也有右轉的。船舶前進时，站在船后向前看螺旋槳，如叶瓣旋轉的方向是：从左向右轉，即順时針方向轉动，称为順車；向左轉；即逆时針方向轉动，此时船就后退，称为倒車。如站在船后觀船前進时，螺旋槳的轉动方向是由右向左，即逆时針方向轉动的，則称左轉为順車，反之，就称倒車。在順轉时，叶瓣首先击水的一边称導边，另一边称随边。在通常情況下，單螺旋槳的船舶大多采用右轉的。双螺旋槳的船舶，螺旋槳的轉向不宜相同，应一为右轉，另一为左轉，最佳的轉向是右螺旋槳左轉，左螺旋槳右轉，如此螺旋槳所推动之水，各向相反的方向流开，可以减少水流的相互干擾，而增加推進效率。

第二章 螺旋槳的術語及工作原理

1. **直徑** 螺旋槳在旋轉時，槳葉的頂尖繞槳的中心軸，畫出一圓圈，這圓圈的直徑就是螺旋槳直徑，在本書中以字母 D 代表之。因此，螺旋槳直徑 D 應等於二片槳葉長度與槳直徑之和。

2. **盤面積** 用螺旋槳直徑所畫出的圓圈，其周長是 πD 。而這圓圈所包含的面積，因其形狀與盤子相似，所以稱盤面積，它的值等 $\frac{1}{4}\pi D^2$ 。

3. **展開面積與投影面積** 螺旋槳每一葉瓣實際所有的推水面積稱為葉面積，各葉瓣面積之和，就是螺旋槳总的推水面積，也稱展開面積。又槳葉連結在槳的外殼上時，其方向並不與槳的轉軸綫垂直正交，因而有二個投影面，一個是正投影，一個是側投影，如圖 17 及 18 所示。正投影是站在船后正中，向前觀看螺旋槳所見的槳葉面；也就是投影在垂直於螺旋槳軸綫的橫向平面上。側投影就是站在船側所看見的槳葉面，也就是投影在通過螺旋槳轉軸綫的縱向垂直面上。所謂橫向以及縱向均以船舶而定，船左至船右謂橫向，船首到船尾為縱向。各投影面的面積稱為投影面積，是用來與展開面積區別的稱呼。

4. **盤面比** 展開面積與盤面積的比是盤面比。

在本書中，展開面積以字母 F_0 代表，盤面積以字母 F 代表，盤面比就可以 F_0/F 代表。盤面比不隨螺旋槳的大小而變，僅隨它的工作條件而變。通常各不同型的船舶，不論其大小，

均各有一近似不变的盤面比值。負荷大，船速慢，盤面比較大，反之就較小。如拖輪、漁輪約在 0.5~0.6 之間，甚至可到 0.8，如快艇、客輪等約在 0.3~0.5 之間，當然，在特殊情形下，也有到達 1.0 以上的盤面比。

5. 叶面和叶背 螺旋槳順車旋轉時，击水的一面叫叶面，也就是背向船尾的一个面，叶面平直光滑，在作前進航行時，是螺旋槳工作的压力面，因为它推水向后，所以又称吐出面。它首先入水的一边是導边，另一边是隨边。叶瓣的另外一面称为叶背，也就是与船的前進方向相同的一面。因为叶瓣在工作時，需經受得住力的作用，它必須具有一定的厚度，藉以保証它的結構强度，所以背的表面一般是圓弧形的，它的圓弧形狀由叶瓣在不同半徑处的截面形狀所决定。它的工作条件与叶面相反，因而又称吸入面。

6. 平均寬長比 槳叶每瓣的平均寬度与螺旋槳直徑的比，称为平均寬長比。在本書中以字母 $M. W. R$ 來表示。

$$M. W. R = \frac{\text{叶瓣平均寬 } B}{\text{螺旋槳直徑 } D}$$

設 a 是每片叶瓣的面積， d 是轂直徑， l 是叶瓣長，

$$B = \frac{a}{l} = \frac{a}{\frac{D}{2} - \frac{d}{2}} = \frac{2a}{D-d}$$

$$\text{所以 } M. W. R = \frac{B}{D} = \frac{2a}{D(D-d)}$$

在通常情況下， $M. W. R$ 在 0.20~0.30 之間，它的意义和用途与盤面比相似，都用來表示叶瓣的寬狹程度。

7. 寬長比 在本書中以字母 $B. W. R$ 代表

$$B. W. R = \frac{\text{叶瓣最大寬 } B_m}{\text{螺旋槳直徑 } D}$$

8. **厚長比** 它代表在螺旋槳轉軸綫上叶根厚度 t_0 与螺旋槳直徑 D 的比, 在本書中以字母 $B. T. F.$ 代表

$$B. T. F. = \frac{t_0}{D}$$

通常螺旋槳的 $B. T. F.$ 在 $0.04 \sim 0.07$ 之間, 鑄鉄的是 0.05 , 銅質的在 0.04 左右。根据 $B. T. F.$ 的数值, 按照螺旋槳拟定的直徑, 就可以决定叶瓣厚度。

9. **叶后傾** 螺旋槳裝置时, 有时槳叶与殼壳并不垂直正接, 而是微向后傾斜, 目的是增加叶尖与船壳間的间距以增高效率, 这后傾的現象称为叶后傾。其傾斜度应比照船尾的情形而定, 通常傾斜度或傾斜角 (垂直綫与叶軸綫的夾角) 在 $0 \sim 15^\circ$ 之間。叶傾斜度也可以直徑來計算, 大約較合宜的后傾是直徑的 $\frac{1}{2}$ 水平距如圖 6 所示。

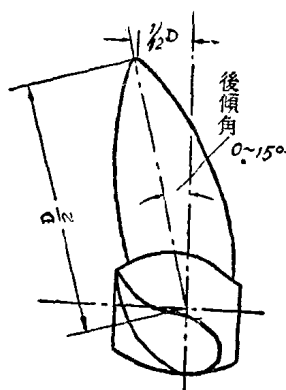


圖 6

10. **螺綫、螺面、螺距與螺距角** 船舶由主机發出轉动力矩, 通过曲軸、推力軸、中間軸、艤軸而轉动螺旋槳, 使螺旋槳沿着它的軸綫方向發生位移, 船舶随而运动。这种情况有些与螺絲釘在螺絲帽中的运动, 極為相似, 这在第一章中已經提到。現为進一步了解起見, 設在这旋轉中的螺旋槳槳叶面上, 有任何一点 A 。它的运动方向, 是一面与螺旋槳的軸綫平行移动, 一面又繞軸綫旋轉。于是 A 点所經過的軌迹, 我們就可以用圖 7 來討論。

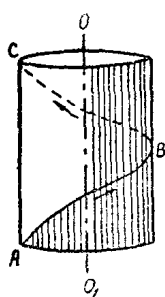


圖 7

A 点从圆柱 OO 的底部，沿轨迹 ABC 盘旋上升，繞过一圈而上升至 C 点。这轨迹綫 ABC 称为螺綫，盤旋一圈而移动的垂直距离 AC 称为螺距。由上面的說明可獲得如下之結論，即：若某点距軸綫的距离保持不变，并以不变的旋轉角速度繞軸綫轉动，同时又以不变的直綫速度平行此軸綫移动，那么这点所經過的路綫——轨迹，称为螺綫；每轉动一圈之后所走过的与此軸綫平行的距离，就称为螺距。在上述的例子中，因为在任何時間，該点的运动速度及方向总是維持不变，因此其螺距維持不变，所以它的轨迹称为等螺距螺綫，若螺距随時間而改变的話，則称为变螺距螺綫。变螺綫的展开是一根曲綫，而等螺綫的展开是一根直綫。把繪有等螺距綫轨迹的圓柱面垂直切开，并展成平面，則得一矩形，其底边之長，等于圓柱体的底边圓周長度，而高度等于螺綫的螺距，如圖 8。因此，螺綫就成为一根与矩形对角

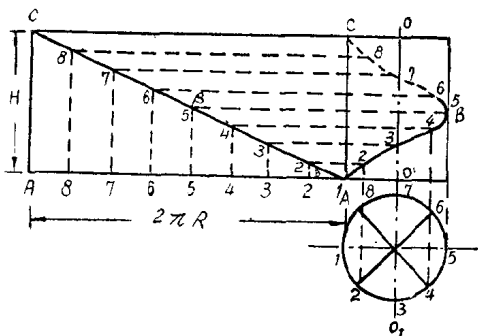


圖 8

綫相重合的直綫，因而等螺距螺綫也称直螺綫，如圖上的 ABC 綫就是。三角形 $AA'C$ 称为螺距三角形，角度 θ 称为螺距角。 θ 角的数值可由下述关系决定：

$$\tan \theta = \frac{H}{2\pi R}$$

式中： H 是螺距 $2\pi R$ 是圓柱的圓周長。

在等螺綫上每点的 θ 角都是相等的。变螺距螺綫展开后，

为一曲线如图 9 所示，因而也称曲螺线，在曲线上任何点的螺距角都不相等。我们再进一步注意图 10 所载，在圆柱面上有一线段 AB 它一方面沿轴线 OO_1 等速旋转，一方面沿轴线水平移动，则线段 AB 所走过的轨迹是螺旋面，因它是由许多同轴线 (OO_1) 的螺线所组成。如上述的例子，正螺线构成的螺旋面是正螺面，曲螺线所组成的螺旋面是曲螺面。

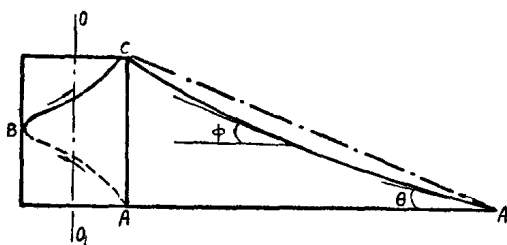


圖 9

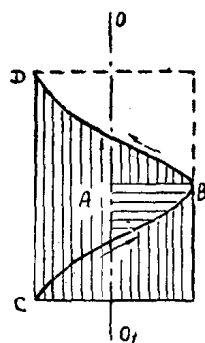


圖 10

如图 1 所示，螺旋桨叶瓣上 AB 两点组成线段 AB ，它随着螺旋桨运动，与上述例子所述的线段运动相似，因而螺旋桨的叶面，就是螺旋面。我们一般所见的叶面，都是平直光滑，这就是正螺面，也就是正螺线所构成，因而又称等螺距螺面，凡是这种叶面的螺旋桨，一律是等螺距螺旋桨，现在采用最廣。凡叶面不平带曲凹形的一律是变螺距螺旋桨，而变螺距螺旋桨有轴向变螺距，辐向变螺距及轴辐向变螺距，因构造复杂，铸造时技术性高，而且发展得较晚，虽然效率要较等螺距的高，到目前为止，在国内采用还不广泛，因而本书仅介绍等螺距的螺旋桨。