

钢板焊接 螺旋桨

蔡维钧 编



GANG BAN
JIANJIE LUO
HUI GUAN JIANG

64.33

106



人民交通出版社

钢板焊接螺旋桨

蔡维钧 编

人民交通出版社

1980·北京

内 容 提 要

钢板焊接螺旋桨按其桨叶焊制的不同,可分单片钢板焊制和用两片钢板焊制成空心翼形切面两种。本书重点介绍后一种钢板焊接空心桨叶螺旋桨。在简要的介绍螺旋桨的基本知识后,详细介绍了钢板焊接空心桨叶螺旋桨的设计、制造、检验及其维修等。

本书通俗易懂、深入浅出,供船厂工人、技术人员参考,以便推广应用。

钢 板 焊 接 螺 旋 桨

蔡 维 钧 编

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第006号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

宣化印刷厂印

开本: 787×1092 1/32 印张: 1.75 字数: 30千

1980年9月 第1版

1980年9月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—2,700 册 定价: 0.15元

目 录

一、绪论.....	(1)
二、钢板焊接螺旋桨的几何特征和外形.....	(3)
三、钢板焊接空心桨叶螺旋桨的简易设计.....	(15)
四、钢板焊接空心桨叶螺旋桨的制造工艺.....	(23)
五、钢板焊接空心桨叶螺旋桨的检验和修理.....	(39)
附图.....	(45)

一、绪 论

内河小船常用的螺旋桨，多用铜合金、铸铁、铝合金等材料制成。铸铁螺旋桨虽然价格便宜，来料也较容易，但因其材质较脆，一经碰撞后，轻则打掉一片桨叶，使螺旋桨失去平衡；重则只打剩下一只桨毂，使螺旋桨完全失去推力，给船舶的安全航行带来了极大的威胁。铜、铝螺旋桨虽然较好，但需耗用大量的贵重金属，不仅价格昂贵，而且原材料供应也较困难。同时，无论铜、铸铁、铝的螺旋桨都需要有较完备的浇铸设备，对于没有浇铸设备的小船厂，一般是不能生产的。内河小船许多都是航行于山区浅水急流航道，打断螺旋桨叶片的故事是屡见不鲜，经常发生的。采用了钢板焊接螺旋桨这样一种特殊结构的螺旋桨，可以克服上述一些缺点，而且修理极为方便，打坏了一只桨叶，也可以焊换上一只新的。其优点较多，目前已在一些地区采用。钢板焊接螺旋桨其桨叶有单片钢板焊制的，也有用两片钢板焊制成空心翼形切面的。后一种螺旋桨一般通称为钢板焊接空心桨叶螺旋桨。因为它比较接近于常用叶切面（机翼形、弓背形）的设计状态，应用也广泛，所以本书将重点论述。至于单钢板焊接螺旋桨，在实际生产中虽有应用，但往往较远离常用叶切面的设计状态，而且推力较低，制作更为简单，故本书不作详细介绍。

钢板焊接空心桨叶螺旋桨（以下简称空心桨叶螺旋桨）是适用于内河小船的船用推进器，其结构简单、经济、制造方便，也不需要浇铸设备，而且节约了大量贵重金属，使原

材料供应极为方便。因此，生产成本较低，重量比同型的铜合金或铸铁螺旋桨都轻。例如图 1 所示为一个直径0.8米、螺

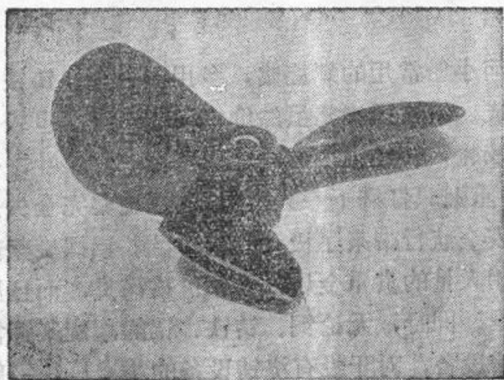


图 1

距0.88米，全部用 A3 钢制成的三叶空心桨叶螺旋桨。其重 37.0 公斤。如果用锰铁黄铜来制造同一尺寸的螺旋桨则需耗铜 53.0 公斤，用硬铝合金来制造时则需耗铝 33.0 公斤。所以，推广使用空心桨叶螺旋桨，对发展中、小河流，尤其是山区浅水航道的水运事业具有极为现实的意义。图 2 为装有空心桨叶螺旋桨的客货机驳《云崖 1》号，航行在金沙江的情况。该船主机为 6 135 CaB 型柴油机两台， 2×120 马力，其螺旋桨的直径 0.9 米、螺距 0.972 米、桨叶四叶用 4 毫米钢板制成，航速每小时 19 公里。

为了叙述的方便和使初学者容易看懂，本书在简要的介绍了螺旋桨的基本知识后，详细介绍了空心桨叶螺旋桨的设计、制造、检验及其维修等。

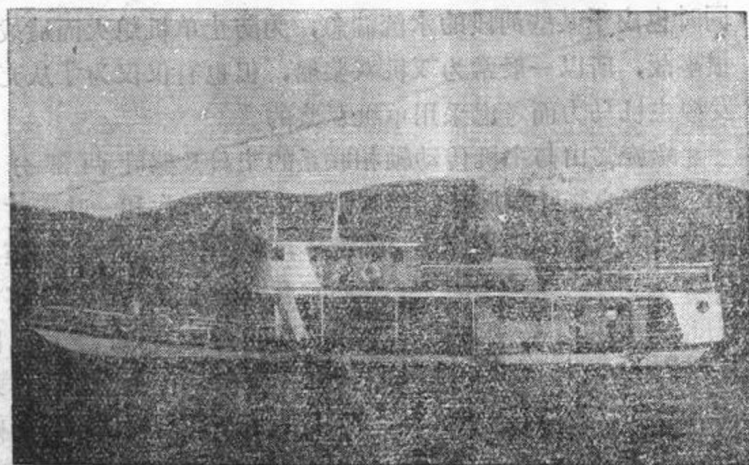


图 2

本书是根据云南省交通局航务处造船厂实际生产的经验写成的，内容通俗易懂、深入浅出，可供船厂工人、技术人员参考，推广应用。但由于笔者水平有限，书中错误在所难免，恳切希望读者批评指正。

二、钢板焊接螺旋桨的几何特征和外形

§1 螺旋桨的安装及钢板焊接螺旋桨的各部分名称

螺旋桨在船上的安装部位，除一些特种船舶港作船、渡口船等外，通常都装于船舶的尾部。在船尾中线处装一只螺旋桨的船舶称单桨船；在中线左右对称各装一只螺旋桨的船舶称双桨船；中线处装一只，左右对称又各装一只的船舶称三桨船；也有的船舶甚至装有四只、五只螺旋桨的，但很少见。内河船舶由于受到吃水的限制，其单机功率不能太大，

m/8501/08

同时也由于某些河段的水流湍急，为防止单机熄火而造成海损事故，所以一般常为双机双桨船，但也有仅仅为了从充分发挥主机马力而考虑采用单机双桨的。

螺旋桨由与主机传动轴相联系的桨毂及桨叶两部分组成，而空心桨叶螺旋桨的桨叶则又由一叶背片和一叶面片组成，如图3所示。桨毂是一圆锥体，它的作用是传递扭矩。

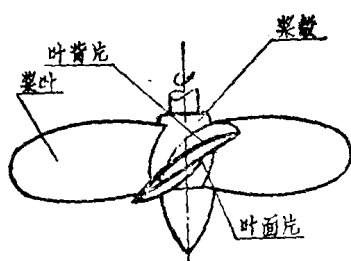


图 3

固定在桨毂上的是桨叶，其作用是将扭矩转变为推力。因此，不论是用什么材料制作螺旋桨，桨叶都必须有足够的刚度、强度以及保证有设计的叶形，以便将扭矩转变为较大的推力。桨叶数一般普通螺旋桨拖轮常用四叶，客货船常用三叶，而二叶螺旋桨仅用于快艇

或机帆船。为了避免振动，某些船舶也有采用五叶的。

由船尾向船首方向看时所能见到的桨叶面称叶面，则另一面称叶背。桨叶与毂的联接处称叶根，桨叶的外端称叶梢。螺旋桨正车时桨叶先与水相遇的一边称导边，其另一边称随边，如图4所示。螺旋桨旋转时，叶梢所画出的圆形轨迹称为梢

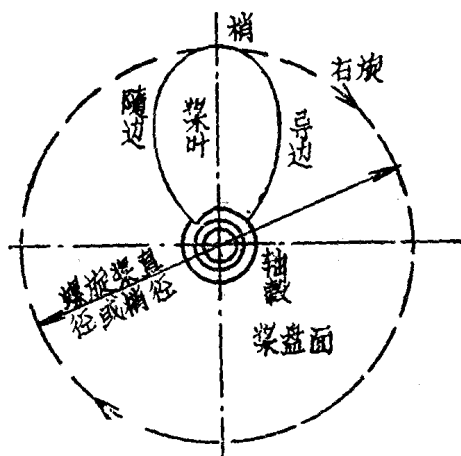


图 4

圆，其直径即为螺旋桨直径，以 D 表示。螺旋桨的盘面积，以 A_d 表示：

$$A_d = \frac{\pi D^2}{4}$$

当螺旋桨正车旋转时，由船尾向船首方向看去所见到的

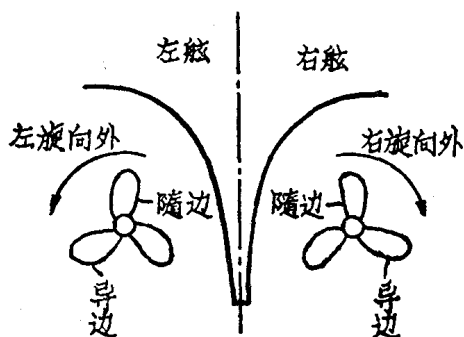


图 5

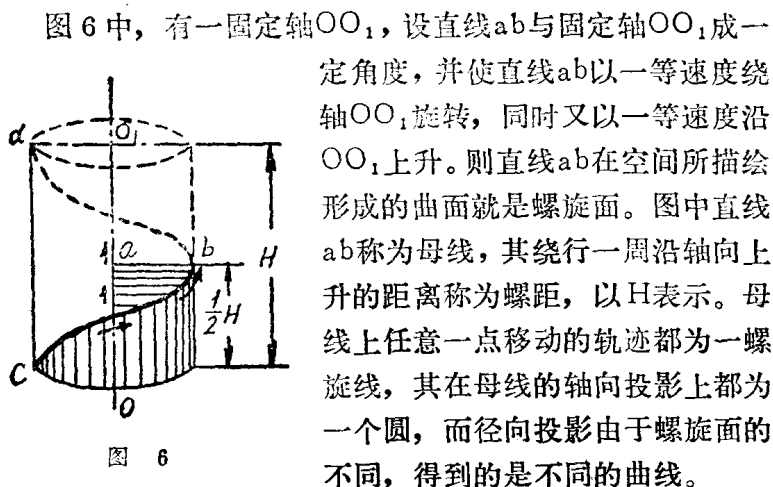
旋转方向，顺时针称右旋，逆时针称左旋；双桨船在正车旋转时，稍圆上缘向船中线转动的称内旋，反之称外旋，如图 5 所示。一般双桨船多采用外旋，因为外旋可以防止漂浮物卷入而使螺旋桨卡住，而

且外旋还有利于船舶稳性的改善。

§ 2 螺旋面及螺旋线的形成

木螺钉是我们大家都熟习的，为什么扭动木螺钉以后，木螺钉就能在木板上沿着轴线方向旋入或旋出呢？这是因为木螺钉上的螺纹是一条带状的倾斜于螺钉中心轴的螺旋面，当扭动螺钉时，靠着螺旋面与木板的滑动，木螺钉就能旋入或旋出。螺旋桨的桨叶也是螺旋面的一部分，在水中转动时，靠螺旋面的作用就能将水推向后方，即相当于木螺钉在木板中旋入一样，只不过水是液体有一定的滑脱，其力的作用情况比较复杂吧了。再如一些散装货物的输送机械和造纸厂纸浆的输送装置，一般也都是采用螺旋面的原理来制造的。为了更清楚的了解螺旋桨的几何特征，下面简单的介绍

一下螺旋面的形成及其特点。



根据母线的形状及其与轴线间夹角的不同，可以得到不同形式的螺旋面，如图 7 所示。若母线为一直线而且垂直于

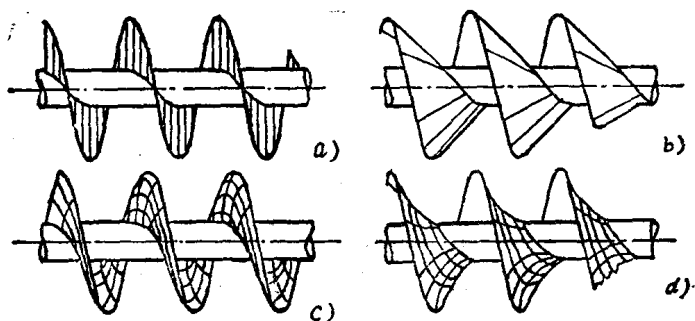


图 7

轴线，则所形成的螺旋面称为正螺旋面。正螺旋面的螺旋线顺轴看过去亦即其轴向投影与其他螺旋面一样是一个圆，而垂直于轴向看过去所见到的螺旋线却为一正弦曲线，如图 7

a) 所示。若母线不垂直于轴，则形成斜螺旋面 如图 7 b) 所示。若母线为曲线，则形成双重曲度的螺旋面，如图 7 c) 及 7 d) 所示。

§ 3 螺距三角形及螺旋桨的面螺距

任何一根螺旋线都是一个圆柱面与一个螺旋面的交线。
图 8 所示为一个半径 R 的圆柱面与一螺旋面在一个螺距 H 内

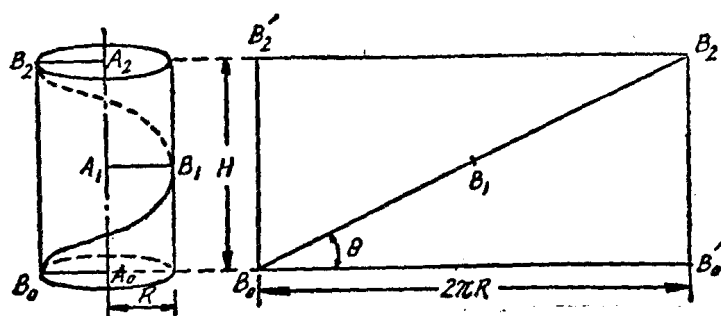


图 8

相交所得的螺旋线 $B_0B_1B_2$ 。将此螺旋线展开成平面线段，则螺旋线是一根斜直线，且与圆柱面的周长 $2\pi R$ 和圆柱面的母线构成一个高为 H 的三角形，则该三角形就称为螺距三角形。其斜线称为节线，节线与底边的夹角称为螺距角，以 θ 表示。由图中可知，螺旋桨的螺距角可由下式来决定：

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{H}{2\pi R}$$

螺旋桨的叶面多为正螺旋面或根部为变螺距的螺旋面，而叶背则为一个复杂的螺旋面。故任何与螺旋桨共轴的圆柱面与叶面的交线都为螺旋线的一段，如图 9 中的 B_0C_0 所示。若延长螺旋线段 B_0C_0 ，并绕轴线一周，则其延长后两端

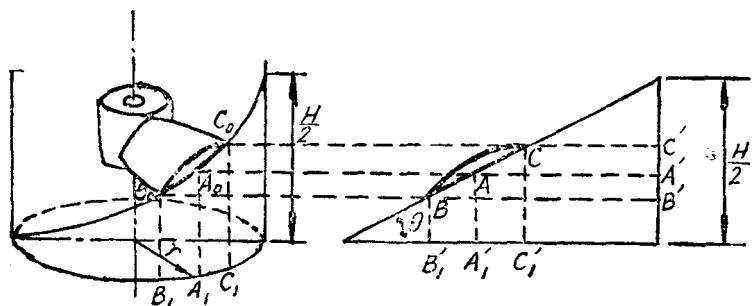


图 9

的轴向距离等于此螺旋线的螺距 H 。若螺旋桨的叶面为等螺距螺旋面的一部分，则 H 即称螺旋桨的面螺距。面螺距与直径 D 之比 H/D 称螺距比。若设该圆柱面的半径为 r ，则展开后螺距三角形的底边长为 $2\pi r$ ，节线与底线之间的夹角为 θ ，亦为螺旋桨半径 r 处的螺距角，可用下式确定：

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{H}{2\pi r}$$

螺旋桨某半径 r 处的螺距角 θ 的大小，表示桨叶叶面在该处的倾斜程度。不同半径处的螺距角是不等的，半径 r 愈小则螺距角 θ 愈大，反之螺距角 θ 愈小。

若螺旋桨的叶面为正螺旋面时，则叶面各处的螺距都相等，称为等螺距螺旋桨，其螺旋线的展开如图10所示。若螺旋桨叶面各半径处的面

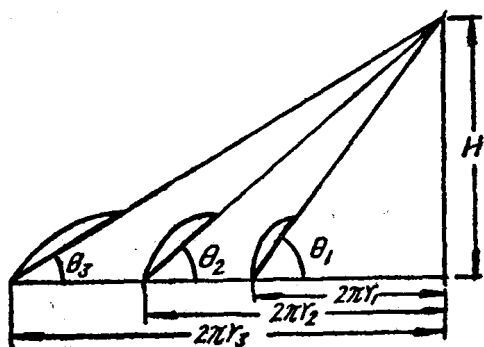


图 10

螺距不等，则称为变螺距螺旋桨，其螺旋线的展开如图11所示。变螺距螺旋桨常取半径为 $0.7R$ (R 为螺旋桨的梢半径)

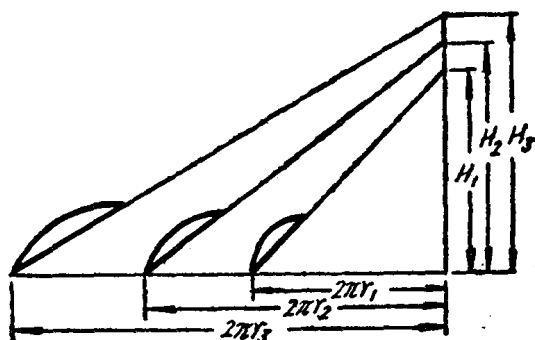


图 11

或 $2/3R$ 处的面螺距作为整个螺旋桨的面螺距，以 $H_{0.7R}$ 或 $H_{2/3R}$ 表示。

§ 4 桨叶的切面

参看图 9 所示，与螺旋桨共轴的圆柱面和桨叶相切所得的截面称为桨叶的切面，将圆柱面展为平面后则可得叶切面，如图12所示。图中 a) 和 b) 是内河船常用的空心桨叶螺旋桨的两种叶切面：a) 为弓形切面；b) 为机翼形切面。图中 c) 是一块单片钢板锻制的薄翼形螺旋桨叶切面，一般不常用。图中可看出弓形切面的叶面是

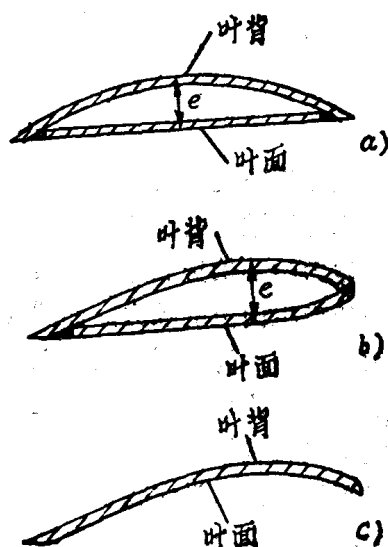


图 12

一个正螺旋面，而叶背是一个复杂的曲面；机翼形的叶面是一个接近正螺旋面的曲面，而叶背是一个更为复杂的曲面。空心桨叶螺旋桨所要解决的主要问题就是这两个面——叶面和叶背的制作。为什么钢板焊接螺旋桨的叶切面要做成弓形或机翼形？而单钢板薄翼形又为什么不常用？现在我们来研究一下叶切面上压力的分布情况。以机翼形切面为例（参看图13所示），运动的流体实际上具有不中断的连续性，当流

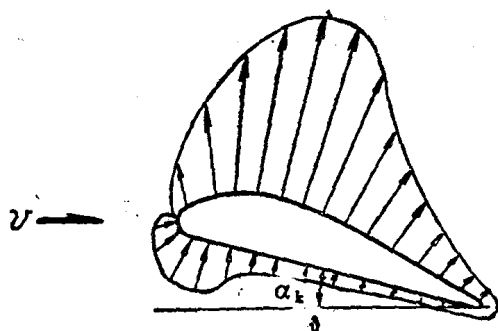


图 13

体由远处以一定的速度 v 和入射角 α_k 流向机翼形切面时，翼背的水分子被拉长使流速增加，而翼面流速则降低。此时根据流体力学的伯努利定理，翼背的压力将比流体远前方的压力降低产生向上的吸力，而翼面的压力将比流体远前方的压力增加。图13为机翼形切面上的压力分布情况。这种翼背和翼面压力差的合力就形成了机翼的上升的举力，飞机起飞和在空中飞行就靠这个举力的支持。螺旋桨的桨叶可以看作是机翼的一段，当它转动时同样产生一个垂直于流速方向的举力，这个举力在船舶轴线方向的分力就是前进的推力。钢板焊接螺旋桨中单钢板薄翼形由于翼背和翼面的压力差不

大，这个举力也就不大，因而推力也就没有机翼形切面大，所以一般不常用。机翼上的压力分布将随着机翼形切面形状的不同而不同；同一切面由于流体入射角的不同，其压力分布也不同。实际测量的结果表明机翼形切面上吸力的分布是很不均匀的，在靠近前端处有较高的吸力，故其吸力分布曲线有很陡的突起，如图14a)所示。图中b)为弓形圆背形切面的压力分布情况，从图中可以看出其吸力分布比机翼形切

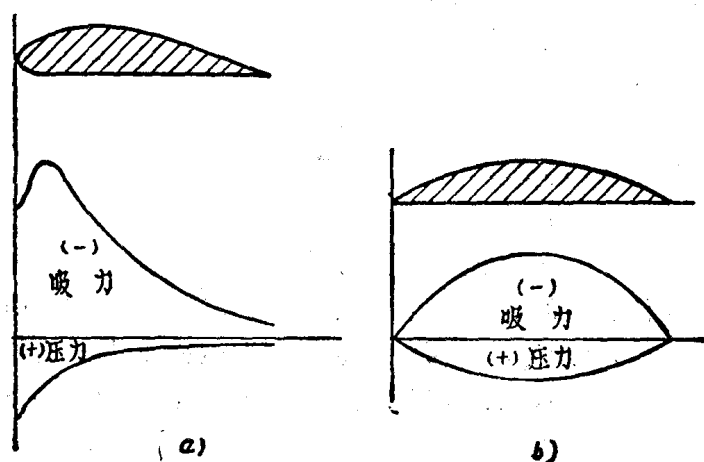


图 14

面较均匀。由于在船用螺旋桨的常用转速下，机翼形切面可以获得较高的吸力，所以机翼形切面螺旋桨获得较广泛的应用。但是，若叶背某处的吸力过高(即压力降低得很多)，压力降低至水的汽化压力时，水即会汽化而发生空泡现象(气泡附着在桨叶上)，致使螺旋桨推力减小，效率降低。这也是为什么要使螺旋桨的加工工艺，必须保证达到正确的叶形和设计所需的螺距(即保证适当的螺距角)的原因。叶形不正确和螺距过大或过小都不能使螺旋桨达到应有的推力。

机翼形螺旋桨的叶切面其实也不完全是机翼形，这是因为叶梢处最易发生空泡，为避免空泡的产生，桨叶的梢部一般都采用弓背形的叶切面。

怎样来描述或绘制桨叶切面呢？由图15可以看出，普通的弓形切面展开后叶面为一直线，叶背为一曲线，中部厚两端尖。机翼形切面展开后则无一定形状，一般叶面近似为一直线或一曲线，叶背为一曲线，导边钝随边较尖，最大厚度近于导边处。叶切面展开后的宽度 b 称为弦长，最大厚度 e 称为拱度，其比值 $\delta = e/b$ 称为切面的厚度比或拱度比。

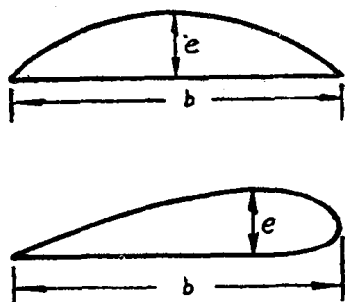


图 15

弓形叶切面只要已知它的拱度及弦长就可以确定其切面形状。对于机翼形叶切面的描述或绘制一般是取与叶面相切的一直线为基线，然后将弦长分成若干等分，注明各等分处

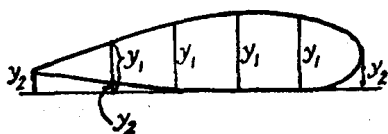


图 16

叶背和叶面距基线的距离，亦即通常所称的叶背坐标值 (y_1) 和叶面坐标值 (y_2)。连接各坐标点则可确定机翼形叶切面的形状，如图16所示。

§5 桨叶的轮廓及毂径

桨叶的外形轮廓可由对螺旋桨的正视和侧视两个视图来表示。图17b)为正视视图，其图平面垂直于螺旋桨轴线；a)为侧视图，其图平面平行于螺旋桨轴线。为了正确的描述或绘制

桨叶的外形轮廓，在两个视图上必须有一参考线作为基准。因为螺旋面是由母线运动而成，所以可取母线的某一位置为参考线作为视图的基准。图17中的OU线即为参考线，亦称辐射参考线。

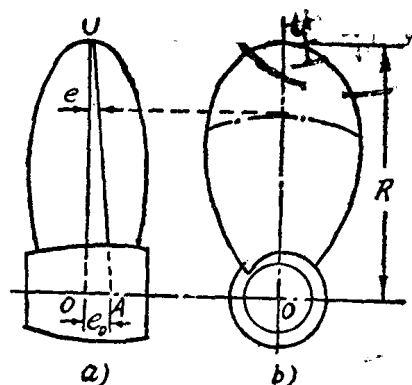


图 17

在正视图上若桨叶的外形对称于辐射参考线，

则为对称叶形；若其外形不对称于辐射参考线如图18所示则为非对称叶形。非对称叶形的叶梢与辐射参考线间的偏斜距离称侧斜。桨叶侧斜的方向一般与螺旋桨的转向相反，可使水草或漂浮物易于滑脱，不致缠附在桨叶上或卷入桨毂。

在侧视图上若辐射参考线与螺旋桨的轴线相垂直如图17a)所示，则桨叶的叶面是正螺旋面的一部分。若辐射参考线与螺旋桨的轴线成某一夹角如图19，则桨叶的叶面为斜螺

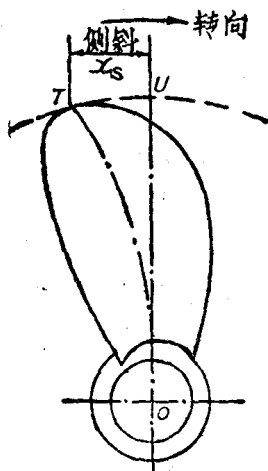


图 18

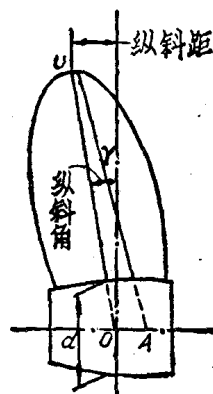


图 19