

中国船舶工业行业协会团体标准

T/CANSI 6—2024

代替 T/CANSI 6—2019

不锈钢焊接中空螺旋桨

Welded stainless steel propeller with hollow structure



2024-12-24 发布

2025-2-1 实施

中国船舶工业行业协会 发布

目次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 量、符号和单位	2
5 分类	2
5.1 型式	3
5.2 结构外形	3
6 要求	4
6.1 材料	4
6.2 板的最小厚度	5
6.3 焊接	5
6.4 表面粗糙度	7
6.5 尺寸公差	7
6.6 静平衡	8
6.7 动平衡	8
6.8 中空螺旋桨的强度校核	9
7 检验方法	9
7.1 材料	9
7.2 焊接表面质量	9
7.3 焊接内部质量	9
7.4 密性检查	9
7.5 表面粗糙度	9
7.6 尺寸公差	9
7.7 静平衡	9
7.8 动平衡	9
8 检验规则	9
8.1 检验分类	9
8.2 型式检验	9
9 包装、运输和贮存	10
附录 A（规范性）不锈钢焊接中空螺旋桨等强度校核方法	12
参考文献	15

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替TCANSI 6-2019《船用中空螺旋桨》。本文件与TCANSI 6-2019相比，主要技术变化如下：

- a) 更改了标准名称（见封面，2019年版的封面）；
- b) 更改了前言（见前言，2019年版的前言）；
- c) 更改了适用范围（见第1章，2019年版的第1章）；
- d) 更改了规范性引用文件（见第2章，2019年版的第2章）；
- e) 更改了术语和定义（见第3章，2019年版的第3章）；
- f) 更改了量、符号和单位（见表1，2019年版的表1）；
- g) 增加力学性能引用标准（见6.1.1.1和6.1.3）；
- h) 更改了焊接区域划分（见图4和图5，2019年版的图4和图5）；
- i) 更改了焊接要求（见6.3.3，2019年版的6.3.3）；
- j) 增加了表面处理要求（见6.3.5.2和6.3.5.3）；
- k) 增加了焊缝表面质量检验方法（见7.2）；
- l) 增加了螺旋桨整体几何尺寸检验方法（见7.6）；
- m) 更改了包装要求（见9.2和9.3，2019年版的9.2和9.3）；
- n) 更改了螺旋桨强度校核方法（见附录A，2019年版的附录A）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国船舶工业行业协会标准化分会提出。

本文件由中国船舶工业行业协会归口。

本文件起草单位：中国船舶集团有限公司综合技术经济研究院、台州市创驰螺旋桨厂。

本文件主要起草人：郑卫兵、祁超、朱珉虎、李巧平、曾进国、王琮、陶江明。

本文件于2019年首次发布，本次为第一次修订。

不锈钢焊接中空螺旋桨

1 范围

本文件规定了不锈钢焊接中空螺旋桨（以下简称“中空螺旋桨”）的分类、要求、检验方法、检验规则、包装、运输和贮存等。

本文件适用于螺旋桨直径不大于4米的沿海小型船舶用中空螺旋桨的设计、制造与验收。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 7727 船舶通用术语
- GB/T 12916 船用金属螺旋桨技术条件
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 20878 不锈钢和耐热钢 牌号及化学成分
- NB/T 47013.3 承压设备无损检测 第3部分：超声检测
- 中国船级社 《材料与焊接规范》 2024

3 术语和定义

GB/T 7727 和 GB/T 12916 确定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

吸力面 suction side

船体前进时，螺旋桨桨叶负压吸水的一面，即为吸力面。又称叶背面。

3.2

压力面 pressure side

船体前进时，螺旋桨桨叶推水的一面，即为压力面。又称叶面。

3.3

面板 face plate

中空螺旋桨构造中，处于压力面的板，即为面板。

3.4

背板 back plate

中空螺旋桨构造中，处于吸力面的板，即为背板。

3.5

撑板 support plate

中空螺旋桨构造中，在桨叶内部支撑面板和背板的加强板条，即为撑板。

3.6

面板厚度 thickness of face plate

螺旋桨桨叶面板未经切削部分的厚度。

3.7

背板厚度 thickness of back plate

螺旋桨桨叶背板未经切削部分的厚度。

3.8

撑板厚度 thickness of support plate

中空螺旋桨桨叶内部撑板的厚度。

4 量、符号和单位

量、符号和单位应符合表 1 的规定。

表 1 量、符号和单位

序 号	名 称	符 号	单 位
1	螺旋桨直径	D	mm
2	螺旋桨半径	R	mm
3	螺旋桨截面半径	r	mm
4	螺旋桨桨叶截面宽度	b	mm
5	螺旋桨叶片螺距	P_b	mm
6	螺旋桨叶片夹角	α	(°)
7	螺旋桨桨叶截面厚度	t	mm
8	螺旋桨后倾角	θ	(°)
9	螺旋桨质量	m	kg
10	螺旋桨叶片数	Z	片
11	面板厚度	t_f	mm
12	背板厚度	t_b	mm
13	撑板厚度	t_s	mm

5 分类

5.1 型式

5.1.1 中空螺旋桨按直径 D 分为：

- a) 大型螺旋桨： $D > 3500$ mm；
- b) 中型螺旋桨： $1500 \text{ mm} \leq D \leq 3500$ mm；
- c) 小型螺旋桨： $D < 1500$ mm。

5.1.2 中空螺旋桨按制造精度等级分为 S 级、1 级、2 级及 3 级，见表 2。

表 2 中空螺旋桨制造精度等级

螺旋桨精度等级	制造精度
S 级	特高精度
1 级	高精度
2 级	中等精度
3 级	一般精度

5.2 结构外形

5.2.1 中空螺旋桨由螺旋桨叶片和桨毂组成，桨毂和桨叶分别加工成型后通过焊接组装形成一个整体螺旋桨。

5.2.2 桨毂结构应符合 GB/T 12916 的要求。

5.2.3 桨叶为中空结构（见图 1），由三块不锈钢板经过型面切削后焊接而成。桨叶剖视图见图 2。桨叶拆解后的背板、撑板、面板形状见图 3。

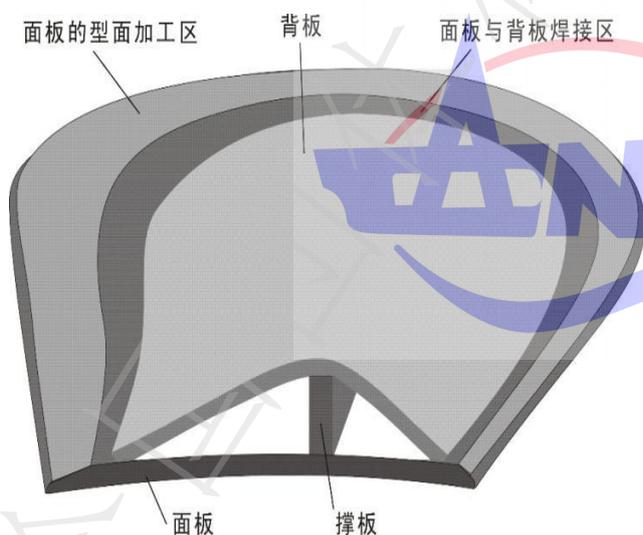


图 1 中空螺旋桨桨叶结构图

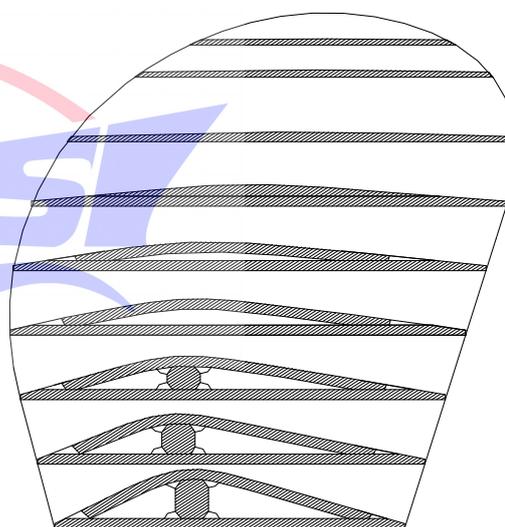


图 2 中空螺旋桨桨叶剖视图

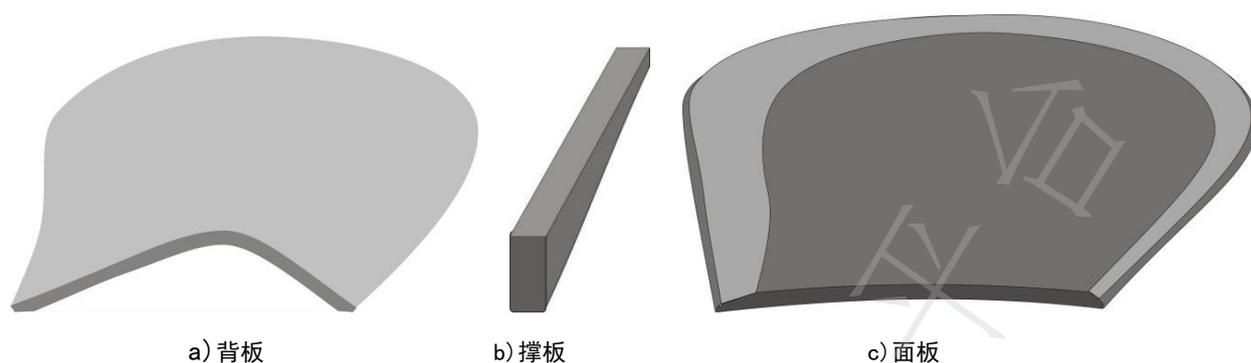


图3 中空螺旋桨叶片组成部件结构图

6 要求

6.1 材料

6.1.1 一般要求

6.1.1.1 中空螺旋桨叶片由奥氏体不锈钢板材料制成。材料化学成分应符合 GB/T 20878 要求，材料力学性能应符合中国船级社《材料与焊接规范》的要求。

6.1.1.2 中空螺旋桨桨毂材料为不锈钢热轧厚壁无缝钢管，牌号应与叶片采用的材料相同。桨毂的厚度应满足《材料与焊接规范》的要求，且应不低于桨叶在轴中心线处厚度的 90%。

6.1.2 化学成分

奥氏体不锈钢的熔炼分析化学成分应符合表 3 的规定。

表3 奥氏体不锈钢的成分

牌号	统一数字代号	化学成分 (%)									
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N	其他
06Cr19Ni10	S30408	≤0.08	≤1.0	≤2.0	≤0.045	≤0.03	18.0~20.0	8.0~11.0	—	—	
022Cr19Ni10	S30403	≤0.03	≤1.0	≤2.0	≤0.045	≤0.03	18.0~20.0	8.0~12.0	—	—	
022Cr19Ni10N	S30453	≤0.03	≤1.0	≤2.0	≤0.045	≤0.03	18.0~20.0	8.0~11.0	—	0.10~0.16	
06Cr17Ni12Mo2	S31608	≤0.08	≤1.0	≤2.0	≤0.045	≤0.03	16.0~18.0	10.0~14.0	2.0~3.0	—	
022Cr17Ni12Mo2	S31603	≤0.03	≤1.0	≤2.0	≤0.045	≤0.03	16.0~18.0	10.0~14.0	2.0~3.0	—	
022Cr17Ni12Mo2N	S31653	≤0.03	≤1.0	≤2.0	≤0.045	≤0.03	16.0~18.0	10.0~13.0	2.0~3.0	0.10~0.16	

表3 奥氏体不锈钢的成分(续)

牌号	统一数字代号	化学成分(%)									
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	N	其他
06Cr19Ni13Mo3	S31708	≤0.08	≤1.0	≤2.0	≤0.045	≤0.03	18.0~20.0	11.0~15.0	3.0~4.0	—	
022Cr19Ni13Mo3	S31703	≤0.03	≤1.0	≤2.0	≤0.045	≤0.03	18.0~20.0	11.0~15.0	3.0~4.0	—	
022Cr19Ni13Mo4N	S31753	≤0.03	≤1.0	≤2.0	≤0.045	≤0.03	18.0~20.0	11.0~15.0	3.0~4.0	0.10~0.22	
06Cr18Ni11Nb	S34778	≤0.08	≤1.0	≤2.0	≤0.045	≤0.03	17.0~19.0	9.0~12.0	—	—	10C ≤ Nb ≤ 1.1 0

6.1.3 力学性能

奥氏体不锈钢的力学性能参照《材料与焊接规范》的要求,具体应符合表4的规定。

表4 奥氏体不锈钢的力学性能

牌号	规定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ ①不小于 (N/mm ²)	规定非比例延伸强度 $R_{p1.0}$ ①不小于 (N/mm ²)	抗拉强度 R_m ② 不小于 (N/mm ²)	伸长率 A_s 不小于 (%)
06Cr19Ni10	205	245	515	40
022Cr19Ni10	175	215	480	40
022Cr19Ni10N	245	285	550	40
06Cr17Ni12Mo2	205	245	515	40
022Cr17Ni12Mo2	175	215	480	40
022Cr17Ni12Mo2N	245	285	550	40
06Cr19Ni13Mo3	205	245	515	40
022Cr19Ni13Mo3	205	245	520	40
022Cr19Ni13Mo4N	275	315	570	40
06Cr18Ni11Nb	205	245	520	40

注:①一般测定非比例延伸强度 $R_{p0.2}$ 。如合同另有规定,允许以非比例延伸强度 $R_{p1.0}$ 为交货条件。
②奥氏体不锈钢的抗拉强度上限应不超过表列值加200 N/mm²。

6.2 板的最小厚度

中空螺旋桨桨叶的面板、背板和撑板的厚度应满足强度要求,根据不同的设计载荷、叶片形状和螺旋桨尺度设计选用。为了满足刚度要求,面板和背板的最小厚度应不小于螺旋桨直径的0.7%,撑板的厚度应不小于螺旋桨直径的2%。

6.3 焊接

6.3.1 焊接工艺

6.3.1.1 奥氏体不锈钢宜采用能量集中的焊接方法进行焊接（如熔化极惰性气体保护焊）。

6.3.1.2 应制订合理的焊接工艺。厚度超过 10 mm 的板必须开坡口。焊前板材表面应彻底清除油污物和杂质。

6.3.1.3 为减小焊接变形，应适当采取反变形措施。反变形量由工厂根据经验确定。焊接后产生的（剩余）变形量采用在模具中进行压力加工予以修正。

6.3.2 焊接区域的划分

中空螺旋桨的焊接区域划分为 4 个区域：

- A 区：面板与桨毂的焊缝；
- B 区：背板与桨毂的焊缝；
- C 区：面板与背板的焊缝；
- D 区：撑板周围的焊缝。

6.3.3 焊接要求

A 区焊缝应采用双面全焊透角焊缝，要求里侧开坡口，如图 4（b）所示。应进行桨叶面板与桨毂的圆弧过渡焊，面板外侧与桨毂的圆弧过渡焊的焊脚高度要求 $K_1 \geq 1.5t_f$ ；里侧焊脚高度要求 $K_2 \geq t_f$ 。

B 区（工艺孔）焊缝的里侧要求加焊接衬板，如图 4（c）所示。衬板的厚度应 $\geq 0.5t_b$ 。背板与桨毂的连接应采用圆弧过渡。

C 区焊缝为单面填角焊，要求充分填满空隙，并盈出板面。焊接完成后，经打磨，消除余高并做到板面光滑过渡，如图 5 所示。

D 区焊缝要求撑板两侧开坡口，如图 5 所示，要求焊脚高度 $K_3 \geq t_s$ ，允许采用间断的定位焊。

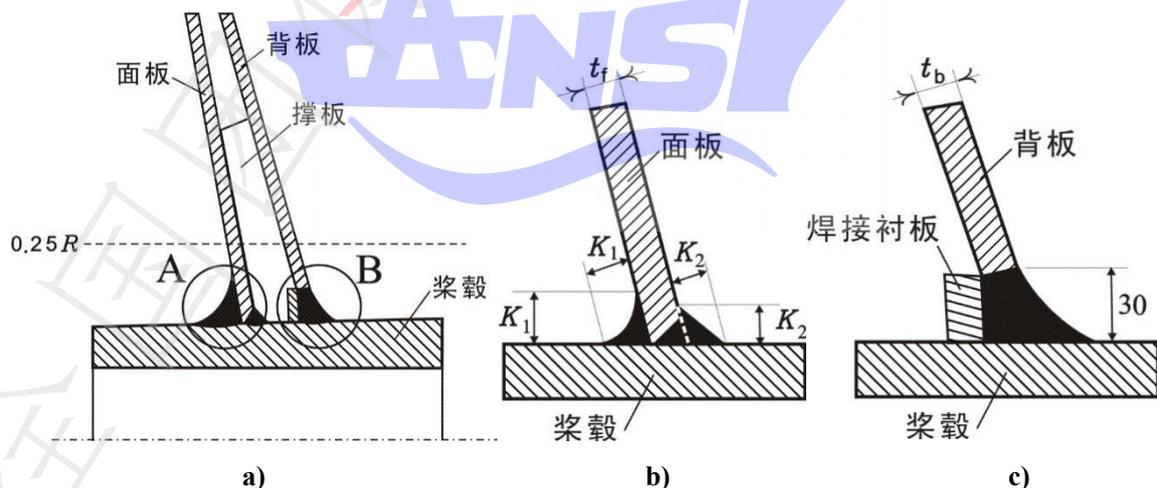


图 4 桨叶与桨毂的焊接

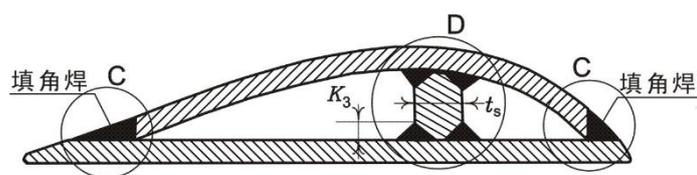


图5 桨叶面板、背板与撑板的焊接

6.3.4 焊接填充材料（焊丝）

奥氏体不锈钢应选用其熔敷金属的化学成分与母材基本相当的焊接填充材料。

6.3.5 焊缝表面质量

6.3.5.1 所有焊缝表面应成型均匀，并平缓地向两侧过渡。焊缝表面不应有裂纹、气孔、未填满、焊瘤和咬边等缺陷。

6.3.5.2 A区和B区的焊缝成型后应进行打磨，使叶片与桨毂的连接形成平缓过渡曲面。

6.3.5.3 C区的焊缝成型后应磨平高出叶面的部分，使叶片的背面形成平整的光滑曲面，表面粗糙度应满足相应制造精度等级要求（见表5）。

6.3.6 焊缝内部质量

焊缝的内部质量应达到NB/T 47013.3规定的III级要求。

6.3.7 密性检查

焊接后的桨叶应进行密性检查，在0.2 MPa的试验压力下稳压不少于30 s，焊缝上应无渗漏，试验后桨叶应无残余变形。

6.4 表面粗糙度

不同精度等级螺旋桨表面粗糙度应符合表5的规定。机加工后桨毂轴孔的表面粗糙度应为Ra3.2。

表5 螺旋桨表面粗糙度

单位为微米

适用范围	螺旋桨类型	不同精度等级螺旋桨的表面粗糙度 Ra			
		S级	1级	2级	3级
桨叶 0.3R 截面向外的表面	小型螺旋桨	1.6	3.2	6.3	
	大中型螺旋桨		6.3		
桨叶 0.3R 截面向内的表面	小型螺旋桨	3.2	12.5	12.5	
	大中型螺旋桨				
桨毂表面	大中小型螺旋桨	6.3			

6.5 尺寸公差

中空螺旋桨的桨叶尺寸公差要求应符合 GB/T 12916 的规定。

6.6 静平衡

6.6.1 螺旋桨在作静平衡之前，应先进行随遇平衡检验。

当螺旋桨直径 $D > 1500\text{mm}$ 时，按公式 (1) 计算挂重 G ：

$$G = C \frac{m}{R \cdot n^2} \dots\dots\dots (1)$$

当螺旋桨直径 $D \leq 1500\text{mm}$ 时，按公式 (2) 计算挂重 G ：

$$G = 0.025D^2 + 0.02 \dots\dots\dots (2)$$

式中：

G ——挂重，kg；

m ——螺旋桨质量，kg；

R ——螺旋桨半径，mm；

n ——螺旋桨在额定功率时运转的转动速度，(r/min)；

D ——螺旋桨直径，mm；

C ——系数，按螺旋桨转速及螺旋桨精度等级的系数 K 而定。当 $n \geq 180$ r/min 时， $C=K$ ；当 $n < 180$ r/min 时， $C=K (n/180)^2$ 。 K 值按表 6 选取。

表 6 系数 K 值

螺旋桨精度等级	S 级	1 级	2 级	3 级
K	15	25	40	75

6.6.2 螺旋桨在卧式平衡仪上做静平衡检验时，将挂重分次挂于各桨叶叶梢最大厚度标记点上，然后将挂重的桨叶叶梢最大厚度标记转到水平位置并使其静止，当去掉支承后，挂重的桨叶向下转动即为合格。

6.7 动平衡

转速 500 r/min 以上的螺旋桨应要求进行动平衡试验，允许的不平衡力矩应符合中国船级社批准图纸的要求。如批准图纸无要求时，则要求螺旋桨的剩余不平衡质量不得超过按公式 (3) 进行计算得出的衡准值 U_{per} 。

$$U_{per} = 30000G'm / (\pi r n) \dots\dots\dots (3)$$

式中：

U_{per} ——许用不平衡质量，g；

G' ——平衡品质等级系数（见表7），mm/s；

m ——螺旋桨质量，kg；

r ——平衡半径， r 取0.8R，mm；

n ——螺旋桨转速，r/min。

表7 平衡品质等级 G' 值

螺旋桨精度等级	S 级	1 级	2 级	3 级
G' (mm/s)	6.3	16	25	40

6.8 中空螺旋桨的强度校核

中空螺旋桨的强度校核方法见附录 A（规范性附录）。

7 检验方法

7.1 材料

查看材料的材质证明书。

7.2 焊接表面质量

目视检查焊缝表面质量。

7.3 焊接内部质量

按照 NB/T 47013.3 的要求，采用超声波仪对焊缝的内部质量进行无损检测。

7.4 密性检查

在焊接后的桨叶正面钻螺纹孔，连接气泵，然后施加 0.2MPa 的气体，稳压时间不少于 30s。

7.5 表面粗糙度

采用粗糙度样块检查桨叶表面粗糙度。

7.6 尺寸公差

采用相应等级量具检查螺旋桨整体几何尺寸，采用螺距规检查桨叶尺寸公差。

7.7 静平衡

采用卧式平衡仪对中空螺旋桨进行静平衡检验。

7.8 动平衡

采用滚动轴承支架对中空螺旋桨进行动平衡检验。

8 检验规则

8.1 检验分类

中空螺旋桨的检验分为型式检验和出厂检验。

8.2 型式检验

8.2.1 中空螺旋桨在下列情况之一时，应进行型式试验：

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定；
- b) 产品结构、材料、工艺的变化足以影响产品的性能；
- c) 产品定期质量检查或上级产品质量监督部门强制要求检验；
- d) 产品停产5年以上，恢复生产；
- e) 批量生产（10件以上）的首制产品。

8.2.2 中空螺旋桨型式检验的项目和顺序按表8进行。

表8 中空螺旋桨检验项目和顺序

序号	检验项目	型式检验	出厂检验	要求章条号	检验方法章条号
1	材料	●	-	6.1	7.1
2	焊接表面质量	●	●	6.3.5	7.2
3	焊缝内部质量	●	-	6.3.6	7.3
4	密性检查	●	●	6.3.7	7.4
5	表面粗糙度	●	○	6.4	7.5
6	尺寸公差	●	●	6.5	7.6
7	静平衡	●	●	6.6	7.7
8	动平衡	●	○	6.7	7.8

注：●必检项目；○订购方和承制方协商检验项目；-不检项目。

8.2.3 中空螺旋桨型式检验的样品数量为一台。

8.2.4 中空螺旋桨样品全部检验项目均符合要求时，则判定中空螺旋桨型式检验合格。若有个别尺寸超标或精度不符合要求，允许采取纠正措施后对该中空螺旋桨进行该项目的复验。若复验符合要求，仍判定中空螺旋桨型式检验合格；若仍不符合要求，则判定中空螺旋桨型式检验不合格。

8.3 出厂检验

8.3.1 中空螺旋桨出厂检验的项目和顺序按表8进行。

8.3.2 中空螺旋桨应逐台进行出厂检验。

8.3.3 中空螺旋桨的所有检验项目均符合要求，则判该中空螺旋桨出厂检验合格。若有任何一项不符合要求，允许采取纠正措施后对该中空螺旋桨进行该项目的复验。若复验符合要求，仍判定该中空螺旋桨出厂检验合格；若仍不符合要求，则判定该中空螺旋桨出厂检验不合格。

9 包装、运输和贮存

9.1 中空螺旋桨出厂时应附有合格证书。证书上应注明：

- a) 制造厂名称；
- b) 直径；
- c) 螺距；
- d) 叶片数；

- e) 旋向;
- f) 材料;
- g) 质量 (重量);
- h) 精度级别。

9.2 验船部门的检验钢印应打在中空螺旋桨上明显部位。

9.3 经检验合格的螺旋桨表面应清洗干净, 涂刷防锈油后, 用聚乙烯或其他防水包装材料将叶片包装, 用橡胶或其他塑性材料将叶片边缘包裹, 包装应符合 GB/T 13384 的要求。

9.4 在运输和贮存过程中, 做好防震、防损措施。



附录 A

(规范性)

不锈钢焊接中空螺旋桨等强度校核方法

A.1 总则

本计算方法适用于不锈钢焊接中空螺旋桨的强度校核。本强度校核采用等强度计算方法。

A.2 船级社规范对常规螺旋桨的强度要求

各国船级社规范对常规螺旋桨的强度校核方法基本上是一致的，即螺旋桨桨叶厚度 t （固定螺距螺旋桨 0.25R 和 0.60R 截面处，可调螺距螺旋桨为 0.35R 和 0.60R 截面处）应不小于按公式 A.1 计算所得的值：

$$t = \sqrt{Y / (K - X)} = t_{\text{rule}} \quad \dots\dots\dots (\text{A.1})$$

式中：

t —— 桨叶计算截面处的最大厚度，单位为毫米（mm）；

Y —— 功率系数；

K —— 材料系数；

X —— 转速系数；

t_{rule} —— 规范要求的桨叶计算截面处最大厚度的最低值，单位为毫米（mm）。

A.3 抗弯截面模数的计算

A.3.1 常规螺旋桨叶根截面的形状如图 A.1 所示。它有两个（中和）轴： η 轴垂直于叶面，承受的弯矩是 M_η ； ξ 轴平行于叶面，承受的弯矩是 M_ξ 。所以它的截面的抗弯截面模数根据受力方向的不同而不同，受力相对最大处有 A, B, C, D 四个点。

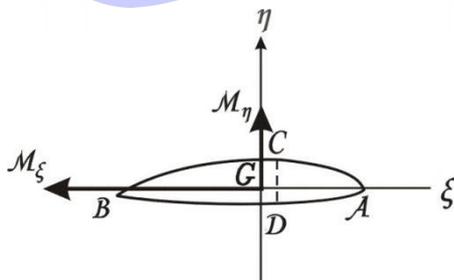


图 A.1 螺旋桨叶根截面承受的弯矩

A.3.2 螺旋桨叶片强度最薄弱处为图 A.1 中的 C 点，只要 C 点的强度满足要求，则其他各点的强度可免于校验。

对于常规使用的螺旋桨截面（弓背形、机翼形），C 点的抗弯截面模数可按公式 A.2 计算：

$$W_{rule} = \alpha_{\eta} \cdot b \cdot t_{rule}^2 \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

W_{rule} ——螺旋桨叶片计算截面处，规范要求 C 点对 ξ 轴的抗弯截面模数，单位为米立方（ m^3 ）；

α_{η} ——系数，查表 A.1；

b ——计算截面处的叶片宽度，单位为米（m）；

t_{rule} ——规范要求计算截面处最大厚度的最低值，单位为米（m）。

表 A.1 系数的值^[2,3]

系数	α_{η}	δ	μ
弓背形	0.075	0.701	0.402
机翼形	0.085	0.645	0.408

A.4 中空螺旋桨的截面模数

A.4.1 中空螺旋桨叶面和叶背由两块厚钢板焊接组装而成，忽略中间的撑板（对强度校核来说是偏于安全的），即为空心截面的结构，见图 A.2。

A.4.2 中空螺旋桨的翼型截面可以分为两个组成部分：（1）外围轮廓包围的面积 S1；（2）内部空心部分的面积 S2。S1 和 S2 属于相似的翼型截面，可以用同一种公式计算。计算时，将 S1 设为正值；空心部分 S2 设为负值，两者之和（合成）即为实体钢板的面积 S。

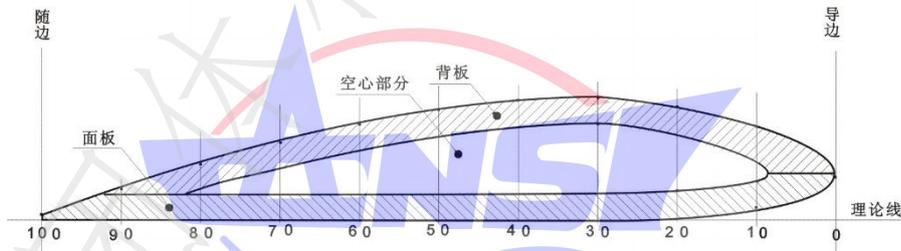


图 A.2 中空螺旋桨翼型截面形状（机翼形）

A.4.3 翼型截面面积 S 按公式 A.3 计算：

$$S = \delta \cdot b \cdot t \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

S ——翼型截面面积，单位为米平方（ m^2 ）；

δ ——系数，查表 A1。

A.4.4 翼型截面中和轴位置 e 按公式 A.4 计算：

$$e = \mu \cdot t \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：

e ——截面中和轴距自身底边的距离，单位为米（m）；

μ ——系数，查表 A1。

A. 4. 5 翼型截面惯性矩 I 按公式 A. 5 计算:

$$I = \alpha_{\eta} b t^2 (t - e) \dots\dots\dots (A. 5)$$

式中 I 为截面惯性矩, 单位为米四次方 (m^4)。

A. 4. 6 合成截面的惯性矩按表 A. 2 中的公式计算。

表 A. 2 中空螺旋桨合成截面的惯性矩

	厚度 t/m	宽度 b/m	面积 S/m^2	中和轴距底边 e/m	中和轴距 假定轴 u/m	Su/m^3	Su^2/m^4	I/m^4
截面 1	t_1	b_1	$S_1 = \delta b_1 t_1$	$e_1 = \mu \cdot t_1$	$u_1 = e_1$	$S_1 u_1$	$S_1 \cdot u_1^2$	$I_1 = \alpha_{\eta} b_1 t_1^2 (t_1 - e_1)$
截面 2	t_2	b_2	$S_2 = -\delta b_2 t_2$	$e_2 = \mu \cdot t_2$	$u_2 = e_2 + t_f$	$S_2 u_2$	$S_2 \cdot u_2^2$	$I_2 = -\alpha_{\eta} b_2 t_2^2 (t_2 - e_2)$
合成截面	$t = t_1$	$b = b_1$	$\sum S = S_1 + S_2$	$e = \sum Su / \sum S$		$\sum Su$	$\sum Su^2$	$\sum I = I_1 + I_2$
合成截面对自身中和轴的实际惯性矩 I_{act}				$I_{act} = \sum Su^2 + \sum I - \sum S \cdot e^2$				

注: 假定轴与翼型截面理论线重合。

A. 4. 7 中空螺旋桨计算截面处 C 点的实际截面模数按公式 A. 6 计算:

$$W_{act} = I_{act} / (t_{act} - e) \dots\dots\dots (A. 6)$$

式中下标 act 表示中空螺旋桨计算截面处实际采用的值。

A. 5 等强度校核

所谓等强度校核是把中空螺旋桨相同截面计算得到的截面模数与船级社规范要求的截面模数作比较, 若满足公式 A. 7, 则认为中空螺旋桨的强度满足规范要求。

$$W_{act} \geq W_{rule} \dots\dots\dots (A. 7)$$

式中:

W_{rule} ——常规螺旋桨叶片计算截面处按规范要求计算得到的抗弯截面模数, 单位为米立方 (m^3);

W_{act} ——中空螺旋桨叶片计算截面处按实际翼型厚度计算得到的抗弯截面模数, 单位为米立方 (m^3)。

参考文献

- [1] 中国船级社. 钢质海船入级规范 (第 3 篇) [M]. 北京: 人民交通出版社, 2023.
 - [2] 盛振邦. 船舶原理 (下册) (第 2 版) [M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2019: 94-95.
 - [3] 朱珉虎. 高速艇与游艇设计手册 [M]. 珠海: 珠海出版社, 2008: 195-196.
-

