

指南编号/Guideline No.M-18(201510)



# M-18

## 可调桨装置

生效日期/Issued date:2015 年 10 月 20 日

©中国船级社 China Classification Society

## 前言

CCS 产品检验指南规定了拟申请 CCS 认可/检验的船舶入级产品、授权法定产品的适用技术要求及检验试验要求。

本指南并不限制用户采用其它试验方法和要求，但相关试验方法及要求应不低于本指南的要求。

本指南由 CCS 编写和更新，通过网址 <http://www.ccs.org.cn> 发布，使用相关方对于本社指南如有意见可反馈至 [mp@ccs.org.cn](mailto:mp@ccs.org.cn)。

历史发布版本及发布时间：M-18(201510)      2015 年 10 月 20 日

本版本主要修改内容： 新编

## 目 录

1 适用范围.....	4
2 规范性引用文件.....	4
3. 定义.....	4
4 图纸和技术文件 .....	5
5 原材料及零部件.....	6
6 无损检测以及热处理 .....	6
7 设计技术要求 .....	7
8 产品试验.....	11

## 可调桨装置

### 1 适用范围

1.1本指南包含：可调螺旋桨、螺旋桨轴、中间轴（如有）、配油器、液压泵站、可调桨液压系统。

1.2本指南适用于主推进用的可调桨装置的产品检验。

1.3其它设备的可调桨可参照执行。

### 2 规范性引用文件

2.1 CCS《钢质海船入级规范》

2.2 CCS《钢质内河船舶建造规范》

2.3 CCS《材料与焊接规范》

### 3. 定义

3.1《钢质海船入级规范》有关定义适用本指南；

3.2 可调桨：通过设置于桨毂中的操纵机构，使桨叶能够转动而调节螺距的螺旋桨，也称调距桨。

3.3 桨毂：系指调距桨承装桨叶并容纳转叶机构的部件；

3.4 配油器：系指液压式调距桨中向旋转着的轴内供调距用压力油的注油器，若配油器安装在中间轴上，则其中有开有注油孔的短轴。

3.5 桨螺距：系指调距桨在无滑脱工况下旋转一周时，从0.7桨半径剖面上测得的理论进程。

3.6 设计螺距：系指当调距桨桨叶具有制造图纸规定的径向螺距分布、剖面

型值、叶形轮廓、桨直径等几何特征时，0.7 桨半径剖面的几何螺距值。

3.7 螺距角：系指螺距与计量半径上的点绕桨中心旋转一周的路程比的反正切，取 0.7 桨半径处的螺距角为桨叶螺距角。

3.8 桨半径：系指当调距桨桨叶处于设计螺距位置时的螺旋桨半径。

## 4 图纸和技术文件

4.1 下列图纸和技术文件应提交批准：

- (1) 轴系布置图；
- (2) 调距桨装置总图；
- (3) 桨叶图（每船配 2 套可调桨装置时，左旋及右旋桨叶均应提供）；
- (4) 桨叶安装用部件图（比如：桨叶螺栓或桨叶紧配销，如有）；
- (5) 桨叶强度计算书；
- (6) 桨毂总图（纵剖面及横剖面图）；
- (7) 调距用的机械部件图（比如：曲柄盘（crank pin ring）、推拉杆（piston rod）、执行液压缸（hub cylinder）、以及其他机械部件）；
- (8) 桨毂体零件图；
- (9) 配油器图（配油轴，如适用）；
- (10) 轴系部件图（如有），包括：螺旋桨轴、中间轴、艉管装置图（含艉轴前后轴承及前后密封装置）、联轴节图、连接螺栓图等；
- (11) 轴系强度计算书、扭振计算书（由船舶审图部门审查）、回旋振动计算书（如有，由船舶审图部门审查）、校中计算书（如有，由船舶审图部门审查）
- (12) 液压系统图
- (13) 报警点列表（如未在液压系统图中表示各报警点的参数时）
- (14) 产品主要性能规格表

(15) 主要零件材料理化性能表及无损探伤标准（包括超声波探伤、磁粉探伤及着色检查）（亦可在各部件图中表示）

(16) 试验大纲（如适用）

(17) 如果是安装在齿轮箱上的配油器应还要提交部件试验大纲做部件试验。

4.2 下列图纸、技术文件应提交备查：

(1) 产品说明书

## **5 原材料及零部件**

5.1 产品原材料及零部件应按照我社现行规范相关要求进行控制

5.2 外购配油器应持有制造厂证明文件。

## **6 无损检测以及热处理**

6.1 无损检测

(1) 完工后直径超过 250mm 的螺旋桨轴、尾管轴、中间轴前应进行超声波检测。

(2) 桨毂和桨叶的无损检测见 CCS《材料与焊接规范》第 3 篇第 8 章第 4 节的要求。

6.2 热处理

(1) 热处理应符合 CCS《材料与焊接规范》的第 1 篇第 5 章有关规定

## 7 设计技术要求

### 7.1 材料要求

(1) 轴系部件（包括螺旋桨轴、中间轴及轴系联轴节等）应用锻钢制成。

(2) 轴系联轴节也可用球墨铸铁制造。球墨铸铁应符合《材料与焊接规范》的第1篇第7章第3节的相关规定。

(3) 桨毂及桨叶的材料见 CCS《材料与焊接规范》第1篇第6章或第1篇第9章的要求。

(4) 桨叶固定螺栓或紧配销应用锻钢制成，其材料的抗拉强度应不小于  $400\text{N/mm}^2$ 。紧固螺栓或紧配销应采用耐海水腐蚀的材料，或有防海水腐蚀措施。

### 7.2 结构和强度要求

(1) 螺旋桨轴、中间轴、配油轴（适用时，即：配油器为轴系的组成部分）的结构和强度应符合《钢质海船入级规范》第3篇第11章第2节的要求。

(2) 艉轴轴承及艉轴密封装置的结构和强度应满足《钢质海船入级规范》第3篇第11章第2节的要求。

(3) 轴系联轴节、轴系连接螺栓的强度应满足《钢质海船入级规范》第3篇第11章第11.3.2条、第11.3.3条的要求。未对采用紧配销的连接强度做出相关规定。当螺旋桨与螺旋桨轴通过紧配销连接时，紧配销的直径  $d_s$  应不小于：

$$d_s = 16 \sqrt{\frac{10^6 \cdot P_w}{n \cdot D \cdot z \cdot R_m}}$$

式中：  $P_w$  指轴系传递的额定功率，kW；

$n$  指轴的转速，rpm；

$D$  指销的节圆直径，mm；

$z$  指销的数量;

$R_m$  指销的抗拉强度,  $N/mm^2$ ;

(4)螺旋桨的桨叶强度应满足《钢质海船入级规范》第3篇第11章第4节的规定。对侧斜角(侧斜角的定义可见 CCS《材料与焊接规范》第3篇第8章第4节图 8.4.2.1)大于  $25^\circ$  的螺旋桨的桨叶厚度的要求如下:

如果侧斜角等于或大于  $25^\circ$ , 但小于  $50^\circ$ , 在 60%半径处的中弦厚度  $T_{SK0.6}$  不得小于:

$$T_{SK0.6} = 0.54T_{0.6}\sqrt{1+0.1\theta_s}$$

在 25%或 35%半径处的中弦厚度, 不计入由过渡圆角而产生的增厚, 应不小于

$$T_{skroot} = 0.75T_{root}\sqrt[4]{1+0.1\theta_s}$$

式中

$\theta_s$ ——所用的侧斜角,

$T_{0.6}$ ——按《钢质海船入级规范》第3篇第11章第11.4.3条计算所得在 60% 半径处的厚度, mm,

$T_{root}$ ——按《钢质海船入级规范》第3篇第11章第11.4.3条计算所得在 35%半径处的厚度, mm;

(5)桨叶固定螺栓螺纹根部的直径  $d_k$  应不小于下式计算值:

$$d_k = 2.6\sqrt{\frac{W_{0.35R}R_{p0.2}\alpha_A}{dZR_{eH}}}$$

式中:  $W_{0.35R}$ ——在半径 0.35R 处展开的圆柱截面的剖面模数,  $mm^3$ ;

$W_{0.35R} = 0.11(Bt^2)_{0.35R}$ , B 指半径为 0.35R 处截面上的桨叶宽度, mm; t 指半径为 0.35R 处截面上的最大桨叶厚度, mm;

$R_{p0.2}$ ——螺旋桨材料非比例伸长应力， $N/mm^2$ ；

$\alpha_A$ ——紧固螺栓的旋紧系数，取 1.2~1.6，取决于所用的旋紧方法；

$d$ ——紧固螺栓的螺栓孔节圆直径，mm；

$Z$ ——螺栓数；

$R_{eH}$ ——紧固螺栓屈服强度， $N/mm^2$ 。

桨叶紧固螺栓的预紧力应确保大于桨叶根部法兰与桨毂内曲柄盘的接触面之间的最小摩擦力，防止桨叶根部法兰滑动，但也不至于超出螺栓的屈服强度。桨叶紧固螺栓的预紧力一般不超过螺栓材料抗拉强度的70%或不超过螺栓材料屈服强度的56%。

桨叶紧固螺栓应有可靠的防止松动的措施。

(6)可调桨的叶片与桨毂间应有良好的防水、防沙渗入及润滑油脂泄漏的密封装置。

(7)轴系的振动和校中应满足《钢质海船入级规范》第3篇第12章第2节的要求。

(8)航行冰区的加强：拟申请 B1\*级、B1 级、B2 级、B3 级冰区附加标志的船舶，其中间轴、推力轴、螺旋桨轴以及螺旋桨的结构和强度还应符合《钢质海船入级规范》第3篇第14章第2、3节的相关规定。

(9)螺旋桨状态监控 (SCM)：拟申请 SCM 附加标志的船舶，还应满足《钢质海船入级规范》第1篇第5章第5.12.4.1节以及第1篇第5章附录14“螺旋桨状态监控系统指南”的相关规定。

### 7.3 系统布置与安全报警装置

(1)液压系统（及桨毂的润滑系统，如有时）应满足下列要求：

①液压系统的泵的配置应符合《钢质海船入级规范》第3篇11.3.6.1的规定。即：

可调桨的液压传动系统应装有独立的备用泵，其容量应不小于单机正常运转

时所需的容量。

对功率不超过 200kW 的推进装置，如另装 1 台手动泵以控制螺距，且该手动泵能使桨叶在足够短的时间内从正车位置转至倒车位置，则独立的备用泵可不设。

②系统压力管路上应设双联过滤器或带旁通的精滤器，液压油的过滤精度可参见 ISO4406：1999。

③每条轴线调距桨的主液压系统一般应完全独立。系统应设有压力控制阀，以满足连续工作与保护的要求。油泵到溢流阀的管路尺寸与布置应使其上的总压降不超过溢流阀在最大容量下实际溢流压力值的 25%。溢流阀上的总背压不应超过整定压力值的 25%。

④主油箱的有效容积应不小于油泵（调距和润滑）每分钟排量的 3 倍的油量或调距与润滑两系统的油量，取大者。

⑤液压系统的油温应不超过 70℃；

⑥桨毂润滑系统除保证桨毂内部调距机构的润滑之外，还应保证调距时叶根密封处仍然相对于海水有正压头，以防止海水渗入。

⑦液压传动管系的“材料”、“管系”、“布置”还应满足《钢质海船入级规范》第 3 篇第 4 章第 7 节的相关规定。

## (2) 报警

调距桨的报警项目应符合《钢质海船入级规范》第 3 篇第 11 章第 11.3.6.9 的规定；

拟申请自动化附加标志的船舶，还应符合《钢质海船入级规范》第 7 篇第 3、4 章的相关要求。

拟申请动力定位附加标志的船舶，还应符合《钢质海船入级规范》第 8 篇第 11 章第 11.5.10 的相关要求。

## (3) 应急装置

调距桨系统应设有应急控制设施，以便在遥控系统故障时还能继续对螺旋桨进行操纵。建议装设能把螺旋桨叶片锁定在“正车”位置上的装置。

当实行“定距桨状态”应急工况时，应有有效措施防止进行调距操作。

应急油路切换阀应能手动操且机械锁位；应急调距的电磁阀应能手动操纵；

螺距角指示器

机舱操纵台与驾驶室内均应装有螺距角指示器。

#### 7.4 性能要求

(1) 机舱与驾驶室内的操纵系统应互为联锁。对非机械操纵系统, 则机旁应设有备用手动操纵装置。

(2) 液压可调螺距螺旋桨的操纵系统, 应能灵敏而准确地控制所需桨叶的角度。

(3) 螺距角指示器与螺旋桨实际螺距角的偏差不超过 $\pm 5\%$ 。

(4) 在任意工况下, 可调螺距螺旋桨工作应能稳定, 在 $0^\circ$ 螺距角时, 其波动值应不超过 $\pm 2.5\%$ 。

(5) 在额定转速下操纵可调螺距螺旋桨, 从正(或负)全负荷螺距角的 $1/3$ 到负(或正)全负荷螺距角的 $1/3$ 所需时间应不超过 $15\text{s}$ 。

(6) 调距桨的调距范围, 应保证在额定转速下主机能发出额定功率, 以及规定的倒车功率。

(7) 应装设有适当装置, 确保在改变螺距时不至引起推进装置超载或停机。

(8) 在控制系统发生故障时, 应有措施以确保桨叶位置不改变或者缓慢地转到终端位置, 以便应急控制系统有足够的时间投入工作。

## 8 产品试验

### 8.1 试验项目应包括:

(1) 外观检查;

- (2) 尺寸检查;
- (3) 调距试验;
- (4) 液压试验;
- (5) 密性试验;
- (6) 螺距角校验;
- (7) 应急操纵试验;
- (8) 安全保护及报警功能试验;
- (9) 配油器泄漏试验
- (10) 其他

## 8.2 试验的方法和要求

### (1) 外观检查

①按图纸要求对装置的主要组件,如已装配好的带螺距可调的螺旋桨(主要包括:配油器、桨壳体、桨叶、桨叶螺栓)、艮轴艮管装置(主要包括:螺旋桨轴、艮轴前后轴承、前后密封装置)、配油器、中间轴、轴系连接螺栓、螺距角指示器、液压系统设备以及接管进行目视和手触检查,

②产品各部件应配套齐全,各机组外表完整无损,保护层应完好,紧固件应牢固。

③液压机组管路应排列整齐、弯曲园顺,较长管路应作固定,软管尽量短,避免急转弯、扭曲等。

### (2) 尺寸检查

① 已装配好的带螺距可调的螺旋桨的尺寸检查见 CCS《铜合金螺旋桨》指南的要求。

② 测量中间轴、螺旋桨轴、配油器的外形尺寸,应与批准的图纸一致。

③ 测量如下重要的装配尺寸，应与批准的图纸一致。

桨叶安装面至轴中心线的距离；

调距主油路控制随动滑阀与阀套的配合尺寸；

配油器高压密封的配合间隙。

### (3) 调距试验

应进行调距时间、调距稳定性、螺距控制精度、螺距指示精度等试验。

调距时间应满足上述 7.4(5)的要求，调距时间可在实船试验时测定。

调距稳定性应满足上述 7.4 (2)的要求。

螺距控制精度应满足上述 7.4 (4)的要求。

螺距指示精度应满足上述 7.4 (3)的要求。

### (4) 液压试验

可调桨的液压传动与操纵系统，其管路与动力元件在装配成套前应进行 1.5 倍工作压力的液压试验。

叶根处密封以及桨毂的液压试验见 CCS《产品检验指南》第 2 篇第 10 章“铜合金螺旋桨”的要求。

### (5) 密性试验

密性试验之前，可调桨的液压传动与操纵系统管路应进行投油清洗。

可调桨的液压传动与操纵系统，其管路与动力元件在装配成套后应进行 1.25 倍工作压力的密性试验，固定密封处、管接头处不应有泄漏。

### (6) 螺距角校验

在控制手柄指令为“最大螺距”、“零螺距”、“最小螺距”三个位置，检

查实际螺距与指令螺距之间的差值，差值应小于  $1^\circ$  桨叶螺距角。

“实际螺距”是指在调距桨的桨毂上或配油器上的机械螺距指示上读出的数值。

#### (7) 应急操纵试验

首先检验在控制系统发生故障时，应有措施以确保桨叶位置不改变或者缓慢地转到终端位置。

操纵应急控制设施，检验其在遥控系统故障时还能继续对螺旋桨进行操纵。

应急控制设施，建议为能把螺旋桨叶片锁定在“正车”位置上的装置。

当应急设施为，通过设施将调距桨转换成“定距桨状态”时，应有有效措施防止进行螺距操作，这时轴的转速一般不大于 75% 额定转速。

#### (8) 报警/安全功能试验

①通过人为改变油位、油（气）压、温度或人工模拟输入故障的方法，检验：

液压系统压力过低报警；

液压油主油箱油位过低报警；

油滤器堵塞报警；

桨毂润滑油压力过低报警（油脂润滑方式除外）；

液压油油温过高报警；（当装油冷却器时）

调距功能失效报警；

螺距控制的液压系统压力显示和低压报警（适用于申请自动化标志的船舶）；

液压油压力过高报警（适用于申请动力定位附加标志的船舶）；

油润滑艏管轴承温度过高报警（适用时）；

艏管滑油柜油位低报警（适用时）；

②上述报警项目的报警值应符合设计图纸要求。

③所有报警应显示于驾驶台。

④控制系统失效后桨叶位置保持不变/缓慢回位的试验

(9) 配油器泄漏试验

① 试验方法和试验指标应满足设计要求。

(10) 其他

螺旋桨的型式试验见 CCS《铜合金螺旋桨》指南的要求。

轴系部件的检查

电气控制系统的型式试验见可调桨电气控制系统指南。