



指导性文件
GD015-2024

中 国 船 级 社

半浸式螺旋桨推进装置技 术指南

2024

2024年10月1日生效

北 京

目 录

1 一般规定	1
1.1 一般要求.....	1
1.2 定义.....	1
1.3 图纸资料.....	3
2 设计	3
2.1 螺旋桨.....	3
2.2 轴的直径.....	4
2.3 联轴器及法兰.....	5
2.4 花键.....	5
2.5 球体与球座.....	5
2.6 支架与舵板.....	5
2.7 方向控制装置.....	5
2.8 监测和报警.....	6
2.9 振动校核.....	6
2.10 其他要求.....	7
3 产品检验	7
3.1 一般要求.....	7
3.2 材料与焊接.....	7
3.3 检验试验要求.....	7
4 建造检验项目	10
4.1 布置安装检查.....	10
4.2 系泊试验.....	10
4.3 航行试验.....	11
5 建造后检验项目	11
5.1 年度检验项目.....	11
5.2 中间检验项目.....	11
5.3 船底外部检查.....	11
5.4 特别检验项目.....	11
5.5 螺旋桨轴及推进装置检验.....	12

1 一般规定

1.1 一般要求

1.1.1 本指南适用于安装在内河及海上高速船舶上的半浸式螺旋桨推进装置的审图和检验。如半浸式螺旋桨装置采用不完全等同于本指南 1.2.1 所定义的机械连接结构，可参照本指南要求进行。非高速船使用半浸式螺旋桨推进装置亦可参照本指南要求进行。

1.1.2 半浸式螺旋桨推进装置除应满足本指南要求外，还应根据其所在船舶的特性和航行区域符合 CCS 相应规范的适用规定。

1.1.3 半浸式螺旋桨推进装置应具有足够的强度、能力和必需的支持系统，以便为船舶在所有操作工况下提供有效的推力和转向控制。

1.1.4 半浸式螺旋桨推进装置的设计和布置应符合其预定的使用环境条件要求。

1.1.5 半浸式螺旋桨推进装置零件的制造材料应符合 CCS《材料与焊接规范》的有关规定。

1.1.6 经 CCS 特别考虑，可接受不同于本指南要求的等效设计。

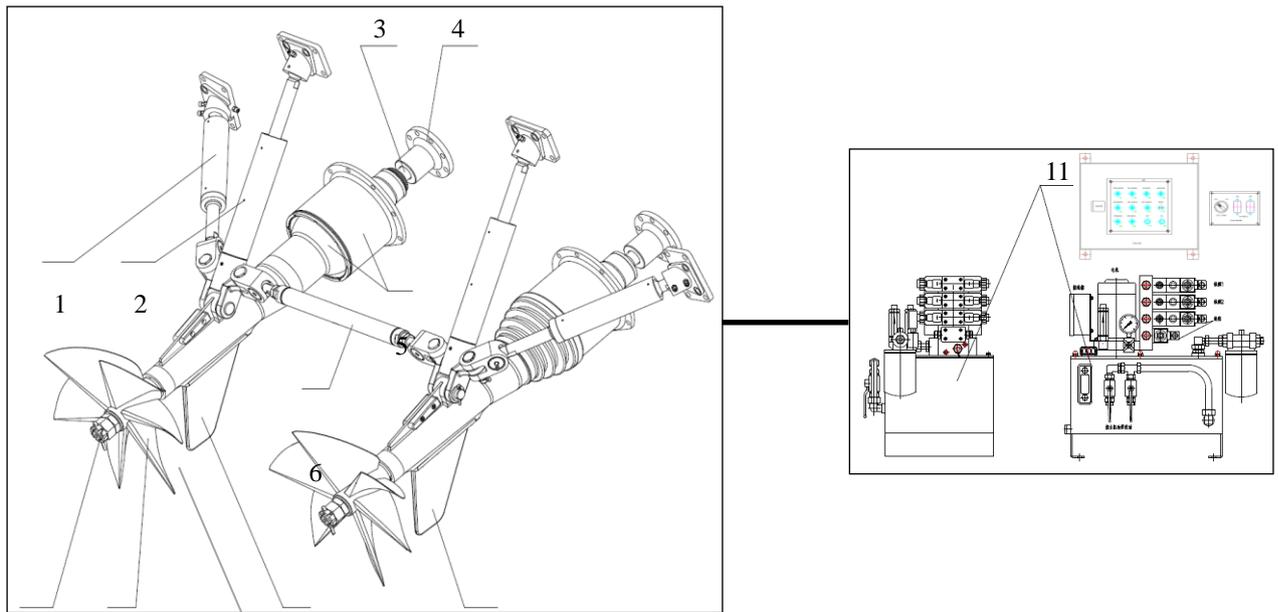
1.1.7 装配有半浸式螺旋桨推进装置且符合本指南要求的船舶，可授予半浸式螺旋桨推进装置附加标志 Semi-submerged Propeller。

1.2 定义

1.2.1 半浸式螺旋桨推进装置

半浸式螺旋桨是一种正常工作时部分桨叶露出水面的特种螺旋桨，亦称作为表面桨，可广泛应用于内河及海上高速船舶。半浸式螺旋桨推进装置由半浸式螺旋桨及其辅助构件和方向控制装置两大部分组成。该装置在原动机驱动下，通过改变螺旋桨转速调整推力大小，通过操纵操舵机构（转舵油缸和纵倾油缸）实现船舶转向和船桨运动匹配。

按照半浸式螺旋桨浸深是否可调分为纵倾固定式和纵倾可调式，其中纵倾可调式按照油缸布置位置分为油缸内置式和油缸外置式。半浸式螺旋桨推进装置使用时可采用单联、双联或多联方案。图 1.2.1 为双联油缸外置式构造示意图。



1 转舵油缸 2 纵倾油缸 3 输入轴 4 法兰联轴器 5 球座与球体 6 连杆 7 螺旋桨轴 8 螺旋桨 9 支架 10 舵板 11 液动力单元和控制箱

图 1.2.1 半浸式螺旋桨推进装置构造示意图

1.2.2 转舵油缸

作用时带动推进装置（球体、支架、桨轴、螺旋桨和舵板等）左右摆动（转向调节）的组件，见图 1.2.1 中图示 1。

1.2.3 纵倾油缸

作用时带动推进装置（球体、支架、桨轴、螺旋桨和舵板等）上下摆动（纵倾调节）的组件，见图 1.2.1 中图示 2。

1.2.4 球座

安装在船艇舵板，内部含球体、输入轴和球形衬套的零件，见图 1.2.1 中图示 5。

1.2.5 球体

安装在球座内部，法兰端与支架联接，球体内有万向节，在转舵油缸和纵倾油缸作用下可在一定角度内摆动的零件，见图 1.2.1 中图示 5。

1.2.6 连杆

连接多套驱动装置的构件，见图 1.2.1 中图示 6。

1.2.7 螺旋桨轴

带动螺旋桨旋转的螺旋桨安装轴，见图 1.2.1 中图示 7。

1.2.8 螺旋桨

在空气和水中旋转，将原动机输出功率转化为推力的装置，见图 1.2.1 中图示 8。

1.2.9 支架

连接转舵油缸、纵倾油缸和连杆，支撑轴系的构件，见图 1.2.1 中图示 9。

1.2.10 舵板

安装在支架下部，有一定舵效，起到航向稳定作用的零件，见图 1.2.1 中图示 10。

1.2.11 方向控制装置

用于半浸式螺旋桨方向/纵倾（如有时）控制的转向机构、液压动力单元、供电和控制设备，见图 1.2.1 中图示 1、2、11。

1.3 图纸资料

1.3.1 产品审图需提交批准的图纸资料：

- (1) 总装配图；
- (2) 主要零部件图（桨轴、输入轴、支架、舵板、球座、球体、纵倾油缸、转舵油缸、螺旋桨、密封装置布置方案、连杆、销轴、万向节、联轴器等）；
- (3) 方向控制装置及监控报警装置原理图；
- (4) 计算书（包括轴系强度与振动、螺旋桨强度、支架与舵板强度、花键强度、球体与球座、万向节强度、液压缸等计算书）；
- (5) 主要零部件理化性能一览表（如图纸中已包含此内容可不单独提交）；
- (6) 试验大纲。

1.3.2 产品审图需提交备查的图纸资料：

- (1) 产品主要性能规格（如图纸中已包含此内容可不单独提交）；
- (2) 验收标准；
- (3) 产品说明书。

2 设计

2.1 螺旋桨

2.1.1 一般要求

- (1) 螺旋桨表面质量和尺寸应满足设计要求；
- (2) 螺旋桨的平衡等级应满足设计要求；
- (3) 需对螺旋桨进行屈服和疲劳强度校核。

2.1.2 屈服强度校核

(1) 屈服强度校核一般应基于应力分析方法，如有限元强度分析，有限元强度计算应采用体单元，网格尺寸应不大于螺旋桨直径的 1/50，强度校核衡准应符合业界公认标准或最大相当应力不应大于材料屈服强度的 0.7 倍；

(2) 有限元强度计算应基于极限载荷状态，有限元强度计算报告中应包括载荷出处（实验结果或者 CFD 计算结果等）、有限元强度分析模型图及其说明、计算结果（包括变形图、应力云图等），以及采用应力衡准的说明；

(3) 对计算中所使用的数据和方法，必要时可要求提供相关试验结果或经验数据。

2.1.3 疲劳强度校核

疲劳分析应采用业界公认方法，疲劳强度计算报告中应包括疲劳评估方法及其说明、疲劳评估结果，以及采用的疲劳接受衡准的说明。疲劳强度校核应至少包括但不限于桨叶根部、随边中部及最大交变应力区。疲劳应力计算循环次数不应少于 10^8 。

2.1.4 螺旋桨与螺旋桨轴的安装

(1) 螺旋桨及其附件的固定螺钉、螺母等，均应有可靠的防止松动及防蚀措施；

(2) 螺旋桨轴或桨毂孔的圆柱体与圆锥体交界处应光滑过渡，不应有凸肩或圆角，螺旋桨轴锥部和桨毂的接触面积应不小于理论接触面积的 70%；

(3) 如使用花键安装，应满足本指南 2.4 的要求。

2.2 轴的直径

2.2.1 当船长大于等于 20m 的海船设有半浸式螺旋桨推进装置时，其轴的直径应满足 CCS《海上高速船入级与建造规范》第 6 章 6.7.2 中的适用要求。

2.2.2 当船长大于等于 24m 的内河船舶设有半浸式螺旋桨推进装置时，其轴的直径应满足 CCS《内河高速船建造规范》第 4 章 4.7.2 中的适用要求。

2.2.3 当船长小于 20m 的海船设有半浸式螺旋桨推进装置时，其轴的直径应满足 CCS《海上高速船入级与建造规范》6.7.2 中的适用要求，轴材料为合金钢或不锈钢时，轴的直径可取 6.7.2.1 计算值的 0.8 倍。

2.2.4 当船长小于 24m 的内河船舶设有半浸式螺旋桨推进装置时，其轴的

直径应满足 CCS《内河小型船舶建造规范》第 4 章 4.6.2.1 中的适用要求，轴材料为合金钢或不锈钢时，轴的直径可取 4.6.2.1 计算值的 0.8 倍。

2.3 联轴器及法兰

2.3.1 当船长大于等于 20m 的海船设有半浸式螺旋桨推进装置时，其联轴器与法兰应满足 CCS《海上高速船入级与建造规范》第 6 章 6.7.5 中的适用要求。

2.3.2 当船长大于等于 24m 的内河船舶设有半浸式螺旋桨推进装置时，其联轴器与法兰应满足 CCS《内河高速船建造规范》第 4 章 4.7.6 中的适用要求。

2.3.3 当船长小于 20m 的海船设有半浸式螺旋桨推进装置时，其联轴器与法兰应满足 CCS《小型海船入级规范》第 4 章 4.4.1 中的适用要求。

2.3.4 当船长小于 24m 的内河船舶设有半浸式螺旋桨推进装置时，其联轴器与法兰应满足 CCS《内河小型船舶建造规范》第 4 章 4.6.3 中的适用要求。

2.4 花键

2.4.1 花键应进行强度校核，花键工作齿面的挤压应力应不超过许用挤压应力。

2.5 球体与球座

2.5.1 球体与球座的屈服强度校核一般应基于应力分析方法，如有限元强度分析，最大相当应力不应大于材料屈服强度的 0.5 倍。计算报告中应注明载荷出处，对计算中所使用的数据和方法，必要时可要求提供相关试验结果或经验数据。

2.5.2 球体与球座装配之前，应对球体与球座的实际接触面积进行检查，该接触面积应不小于理论接触面积的 80%。

2.6 支架与舵板

2.6.1 支架与舵板的屈服强度校核一般应基于应力分析方法，如有限元强度分析，最大相当应力不应大于材料屈服强度的 0.5 倍。计算报告中应注明载荷出处，对计算中所使用的数据和方法，必要时可要求提供相关试验结果或经验数据。

2.7 方向控制装置

2.7.1 对于海船的半浸式螺旋桨推进装置，当船长大于或等于 20m 时，其方向控制装置应满足 CCS《海上高速船入级与建造规范》第 6 章第 9 节中的适

用要求。当船长小于 20m 时，其方向控制装置应满足 CCS《小型海船入级规范》第 4 章第 8 节中的适用要求。

2.7.2 对于内河船舶的半浸式螺旋桨推进装置，当船长大于或等于 24m 时，其方向控制装置应满足 CCS《内河高速船建造规范》第 4 章第 8 节中的适用要求。当船长小于 24m 时，其方向控制装置应满足 CCS《内河小型船舶建造规范》第 4 章第 7 节中的适用要求。

2.7.3 纵倾角度调节范围和时间、转舵角度调节范围和时间应满足设计要求。

2.7.4 转向系统在装置发生故障时至少应有保持当前舵位的能力。

2.8 监测和报警

2.8.1 半浸式螺旋桨推进装置的转舵角度和纵倾角度（如设有纵倾组件）应至少可在驾驶位置进行显示。

2.8.2 除采用非动力操纵之外，半浸式螺旋桨推进装置应至少在驾驶位置设置以下视觉和听觉报警：

- (1) 液压油低液位；
- (2) 液压油温高（设有油冷却器时）；
- (3) 滑油低压（设有润滑油循环系统时）和/或滑油低位；
- (4) 液压油滤器压差过高（设有滤油器时）；
- (5) 方向控制装置电源故障；
- (6) 报警和监测系统电源故障。

2.9 振动校核

2.9.1 对于海船的半浸式螺旋桨推进装置，其轴系振动应满足 CCS《海上高速船入级与建造规范》第 6 章第 7 节中的适用要求。

2.9.2 对于内河船舶的半浸式螺旋桨推进装置，其轴系振动应满足 CCS《内河高速船建造规范》第 4 章 4.7.7 中的适用要求。

2.9.3 当船长小于 20m 的海船设有半浸式螺旋桨推进装置时，轴系振动校核计算可不作要求。

2.9.4 当船长小于 24m 的内河船舶设有半浸式螺旋桨推进装置时，轴系振动校核计算可不作要求。

2.10 其他要求

2.10.1 应采取有效的防腐措施，防止海水对半浸式螺旋桨推进装置的腐蚀或破坏。

2.10.2 半浸式螺旋桨推进装置使用的防腐措施不应对水环境造成影响。

2.10.3 应采取有效的防松和减振措施（如螺栓防松措施、减振弹簧等），避免因振动导致对设备部件和装置使用的不利影响。

3 产品检验

3.1 一般要求

3.1.1 检验模式要求

- (1) 图纸审查批准后，开展单件/单批检验；
- (2) 方向控制装置的电气部分首制产品应按照 CCS《电气电子产品型式认可试验指南》进行型式试验。

3.1.2 持证要求

- (1) 液压动力装置、电气控制箱、液压油缸、挠性软管组件、油冷却器（适用时）、蓄能器（适用时）应持有船用产品证书；
- (2) 螺旋桨、桨轴、输入轴、球体、球座、支架、万向节、联轴器及连接螺栓应持有船用产品证书；
- (3) 如外购件持证要求无法满足，则应按照 CCS 规范要求进行检验。

3.2 材料与焊接

3.2.1 半浸式螺旋桨推进装置中的产品原材料及主要零部件（螺旋桨、轴、联轴器及连接螺栓、油缸、球体、球座、支架、万向节）应按照 CCS《材料与焊接规范》进行材料试验和无损探伤检测。

3.2.2 半浸式螺旋桨推进装置中的主要焊接结构件的焊接工艺，在制造前应按照 CCS《材料与焊接规范》中的相关要求对焊接工艺进行评定。

3.3 检验试验要求

3.3.1 所有主要材料和零部件应按照本指南及相应规范的要求进行检验和试验，并持有相应的证书。

3.3.2 半浸式螺旋桨推进装置检验包括资料审查、制造过程中的检验及性能

试验。

3.3.3 制造过程中的检验主要包括材料试验、水压/密性试验、重要零件的探伤、螺旋桨静平衡和动平衡试验、零部件的焊接、球体与推力环组件接触面积检查、装配质量检查。

3.3.4 对新型号的首制产品应按批准的试验大纲进行原型试验，至少应包含如下项目：

- (1) 外观检查；
- (2) 尺寸检查；
- (3) 液压/密性试验；
- (4) 功能效用试验（包括电气控制、监测和报警）；
- (5) 空载运转试验；
- (6) 带载运转试验；
- (7) 耐久性试验；
- (8) 方向控制装置的电气部分型式试验。

3.3.5 单件/单批检验试验项目至少应包含如下项目：

- (1) 外观检查；
- (2) 尺寸检查；
- (3) 液压/密性试验；
- (4) 功能效用试验（包括电气控制、监测和报警）；
- (5) 空载运转试验；
- (6) 带载运转试验。

3.3.6 液压试验

半浸式螺旋桨推进装置液压系统管路应进行 1.5 倍设计压力的液压试验，装船后应连同船艇管路附件进行 1.25 倍设计压力的密性试验。

3.3.7 密性试验

球体、球座、支架应做气密保压试验，压力 0.2MPa，保压 5min 不泄漏。

完成装配的球体、球座和支架的组件应做气密保压试验，压力 0.2MPa，保压 30min 不泄漏。

3.3.8 空载运转试验

半浸式螺旋桨推进装置应在下列工况下进行空载运转试验，并保证运转平稳，无异常振动、温升和异响：

(1) 在最大舵角、纵倾角度，不低于 50%设计转速下，运转不少于 5min；

(2) 在舵角零位，分别在 25%、50%、75%、90%和 100%设计转速下，各运转不少于 5min。

3.3.9 功能效用试验

(1) 半浸式螺旋桨推进装置纵倾角度、转舵角度的调节范围和时间应满足本指南 2.7.3 的要求，并明确标识机械零位的位置；

(2) 对监测和报警系统进行测试，应满足本指南 2.8.2 的要求；

(3) 对设有多个控制位置的设备，控制位置切换功能应运转正常。

3.3.10 带载运转试验

半浸式螺旋桨推进装置在不低于 95%设计扭矩和 80%设计转速条件下，带载运转 2h，各系统正常工作，无报警。

3.3.11 耐久性试验

新型号研制时，需通过耐久性试验予以鉴定。半浸式螺旋桨推进装置耐久试验可按表 3.1.11 所示的循环工况进行。每次循环为 10h。在各个完整循环之间推进装置可以根据需要停车，也可以连续运行，累计运行 500h，各系统运行正常，试验后应拆解检查各零部件。

耐久试验循环工况时间

表 3.1.11

序号	工况 (%)	运转时间 (min)
1	最低稳定转速	10
2	50	40
3	75	40
4	90	60
5	100	450
各工况变换时间应不超过 1min；		
船用主机按 $Pe=Cn^3$ 确定各档的相应转速，船用辅机按标定转速运转。		

试验中如出现非主要零部件损坏时，平均每 100h 试验时间内允许停车维修 1 次，每次停车时间不超过 45min，试验故障情况应予以记录。试验中由于下述情况之一导致强迫停车的，则应从第 1 循环重做耐久性试验：

- (1) 主要零部件损坏而被迫停车，如传动轴、球体等；
- (2) 因同一零件故障被迫停车 2 次；
- (3) 被迫停车故障的修复时间超过 2h。

耐久试验期间允许按规定进行停车保养，但按循环工况进行的耐久试验应保持每个循环的完整。停车保养的内容、次数和时间由制造厂、用户和相关机构协商，并在耐久试验大纲中规定，制造厂不得利用停车保养时间处理半浸式螺旋桨推进装置故障。

耐久试验结束后，应进行性能复查试验，其测得的性能参数均应在设计值之内。

4 建造检验项目

4.1 布置安装检查

4.1.1 装船后，推进装置根部（球座法兰、油缸支座）与船体尾板安装位置尺寸检查，应符合批准图纸和技术（工艺）文件要求。

4.1.2 装船后螺旋桨和桨轴锥体的接触面积检查，应符合批准图纸要求。

4.1.3 装船后推进装置轴系中心线、转舵零位及极限角检查，应符合批准图纸要求。

4.2 系泊试验

4.2.1 液压管路密性试验

液压管路和附件装船后全船应进行 1.25 倍设计压力的密性试验，不应有渗漏现象。

4.2.2 功能效用试验

应在船艇下水主机调试完毕后进行功能效用试验，半浸式螺旋桨推进装置应运转平稳，各系统（包括电气控制、监测和报警）工作正常，并进行报警功能模拟测试。

4.3 航行试验

4.3.1 按照批准的船舶航行试验大纲进行试验，满足设计指标要求，各系统工作正常。

5 建造后检验项目

5.1 年度检验项目

5.1.1 总体检查，确认设备运行处于有效状态；必要时，半浸式螺旋桨推进装置的操舵机构及其附属设备（含转舵油缸和纵倾油缸组件、连杆、支架等）应进行检查和试验。

5.1.2 应检查和试验推进装置操舵机构及其有关设备和方向控制装置系统的运行状况（含转舵角度零位及转舵时间、调节范围和时间，以及纵倾角度零位、纵倾调节范围和时间等）。

5.1.3 应确认电动、液压动力或电动液压的方向控制装置所要求的各种报警装置的运行令人满意，并且确认液压动力操作的方向控制装置的重新充液装置保持良好状态。

5.2 中间检验项目

5.2.1 同 5.1 所列年度检验项目。

5.3 船底外部检查

5.3.1 检查螺旋桨和桨舵板腐蚀情况。

5.3.2 检查转舵部件紧固情况，支架、连杆、舵板的连接螺母、螺栓、销子等固定可靠无松动。

5.3.3 推进装置应进行外部检查，重点是检查球座与球体、桨叶与轴螺栓锁紧及其它紧固装置的状况，应检查螺旋桨轴的密封装置情况。

5.3.4 检查装置防腐蚀锌块的固定和腐蚀及涂料情况。

5.3.5 检查装置根部法兰与船体尾板连接处的情况。

5.4 特别检验项目

5.4.1 除应检验 5.1 所列项目外，还应对下列适用项目进行检查：

(1) 推进装置的所有轴（如螺旋桨轴、输入轴、万向联轴器）和轴承、球体和推力环、油封装置；

(2) 方向控制装置（转舵液压油缸）；

(3) 系统安全压力释放阀及其设定值；

(4) 蓄能器压力值（适用时）；

(5) 防腐装置状况。

5.5 螺旋桨轴及推进装置检验

5.5.1 检验间隔期

半浸式螺旋桨推进装置作为主推进装置使用时，其检验间隔期应不超过 5 年。

5.5.2 装置应拆开检查下列项目：

(1) 轴（特别关注轴封位置磨损）、键槽、轴锥体，必要时应进行无损检测；

(2) 十字万向节轴承及摩擦副间隙，并作记录；

(3) 球体和推力环的接触面及间隙，并作记录；

(4) 油封装置检查；

(5) 液压油缸及其密封。