

指南编号/Guideline No.D-01(201510)



# D-01

## 液压舵机

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：D-01(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 图纸资料.....	5
5 原材料及零部件.....	10
6 焊接工艺评定.....	11
7 设计技术要求.....	11
8 强度要求.....	28
9 认可.....	34
10 型式试验.....	35

## 液压舵机

### 1 适用范围

1.1 本指南适用于拟配套安装于海上入级航行船舶的液压舵机，其它类型的舵机可参照执行。

1.2 本指南适用的液压舵机转舵机构的主要结构型式如下：

- (1) 拨叉式转舵机构；
- (2) 摆缸式转舵机构；
- (3) 转叶式转舵机构。

其它类型的转舵机构可参照执行。

1.3 与本产品配用的操舵装置控制系统（包括自动操舵仪、随动操舵仪等驾驶室操舵装置控制台、舵机舱筒操箱、舵机液压伺服控制系统等）、操舵动力装置的启动控制装置（包括变频控制器）、电气舵角指示系统、操舵装置监测/显示与报警系统等的具体要求请参见 CCS《钢质海船入级规范》及对应产品检验指南的有关要求。

### 2 规范性引用文件

2.1 本指南采用的认可和检验依据如下：

- (1) CCS《钢质海船入级规范》；
- (2) SOLAS 公约。

2.2 上述认可和检验依据中的条款通过本指南的引用而成为本指南的条款。凡是注明日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本指南，故在产品的设计、制造及检验时应注意满足这些文件的最新版本要求。凡是不注明日期的上述引用文件，其最新版本适用于本指南。

### 3 定义

3.1 SOLAS 公约及 CCS《钢质海船入级规范》中给出的术语和定义适用本指南。

3.2 本指南有关定义如下：

- (1) 操舵装置：其包括动力转舵系统、操舵装置控制系统、监测/显示及报警

系统、舵角指示系统的总称。

- (2) 液压舵机：在本指南中系指液压动力转舵系统，即由转舵机构、动力设备（但不包括电动机启动控制装置或变频控制器）及辅助管路附件所组成。
- (3) 公称转舵扭矩：根据本指南第 7.2(1)条要求计算所得的单转舵机构的理论扭矩输出值乘以转舵机构总套数。
- (4) 系统公称压力：根据本指南第 7.2.(2)条要求的计算值，其由单动力转舵系统输出理论扭矩值时转舵油缸的进出口压差值与液压动力系统沿程管路损失所组成。

#### 4 图纸资料

4.1 除 CCS 另有规定外，申请方在申请液压舵机认可及检验时，通常应将下列图纸资料提交 CCS 审查：

- (1) 产品主要性能规格表（可包括在产品总布置图或液压系统图中），其通常应包括如下内容：
  - ① 公称转舵扭矩，如果最大转舵角大于  $\pm 35^\circ$ ，则  $\pm 35^\circ$  至最大转舵角之间的对应扭矩输出值也应给予明确；
  - ② 系统公称压力；
  - ③ 最大转舵角；
  - ④ 限位舵角，应明确系转舵油缸内部限位还是转舵机构外部限位，如转舵机构另设有结构性制动器或机械缓冲器等应在此给予说明；
  - ⑤ 转舵时间（如为定量泵）或转舵时间范围（如为变量泵），其中最小转舵时间受电动机功率的条件限制；此外，如需要双机组同步运行，则应在此给予必要的说明；
  - ⑥ 安全阀（包括保护液压泵的溢流阀）规格型号、公称流量或通径、调整压力（其通常应整定为系统公称压力的 1.25 倍）；
  - ⑦ 液压泵规格型号、公称压力、排量及公称转速；
  - ⑧ 原动机（电动机）规格型号、功率、额定转速、电源制式；

- ⑨ 配用电磁阀/电液换向阀规格型号、公称流量或通径、公称压力、控制电源，如电磁阀/电液换向阀系由直流电控制，则须提供该电磁阀/电液换向阀的适用电源电压的波动值数据；
  - ⑩ 转舵油缸（如为外购件）规格型号、活塞杆直径、缸体内径、活塞行程、安装尺寸、公称压力；
  - ⑪ 操舵装置液压伺服机构的图号或型号等（如适用）；
  - ⑫ 各油箱（动力机组油箱、储备油箱）的有效容积，对于开式油箱通常按油箱理论总容积的 80% 计算油箱的有效容积；
  - ⑬ 监测报警点的设置；
  - ⑭ 推荐的液压油型号及适用温度范围，其须满足使用环境的最低及最高温度要求；
  - ⑮ 产品的预定用途，包括明确是否需要用于 CCS《钢质海船入级规范》具有附加要求的船舶或舵杆需要进行冰区加强的船舶。
- (2) 产品总布置图，通常需表述清楚：
- ① 提供检验（供货）产品的配置范围，例如是否包括驾驶室控制台、液压伺服控制装置、储备油箱等；
  - ② 各组件相互之间的配置关系，例如转舵机构之间是否具有舵柄连接杆装置、动力系统（包括油箱、管系阀件）之间的连接及与转舵机构的连接关系等等；
  - ③ 液压油柜的安装高度要求（如液压泵不与油箱整体安装）。
- (3) 转舵机构总布置图，通常需表述清楚：
- ① 转舵机构的主要安装尺寸；包括舵柄连接杆的最大允许长度、（转舵）舵柄半径等；
  - ② 传递机械力至舵杆的零部件相互之间的关系；
  - ③ 转舵机构与船体连接的方式及止推块的设置（包括要求止推块承受的力值）要求；
  - ④ 限位舵角行程开关的设置（包括行程开关的数量及位置）；

⑤ 机械舵角指示器设置的位置。

(4) 转舵油缸总装配图，通常需表述清楚：

① 主要结构尺寸；

② 主要零部件材料规格牌号及尺寸，包括主要受力螺栓规格型号及尺寸；

③ 公称压力；

④ 密封件的设置及密封件的规格型号、材料；

⑤ 隔离阀、放气阀、压力表及其开关、为密封件提供预紧压力的内部梭阀（如适用）等规格型号及相关参数（如公称压力、通径等）；

⑥ 油缸（包括各连接法兰）的焊接节点结构详图、焊材等要求，无损检测要求等；

⑦ 制造检验的相关技术要求。

(5) 液压动力机组总装配图，通常需表述清楚：

① 液压泵的吸油口位置；

② 液位指示器的设置；

③ 监测报警传感器的设置，例如油温、液位、低压、滤油器阻塞、液压阻塞（如适用）等；

④ 主要尺寸（容积），箱体材料；

⑤ 制造检验的相关技术要求；

⑥ 加热器和/或冷却器的设置（如适用）。

(6) 下述零部件图：

① 如为拨叉式转舵机构：转舵油缸缸体，柱塞，柱塞销，转舵油缸共用底座（如适用）等；

② 如为摆缸式转舵机构：转舵油缸缸体，缸体端盖，活塞及活塞杆，铰接头，转舵油缸底座等；

- ③ 如为转叶式转舵机构：转舵油缸缸体，缸体端盖，静叶、动叶及转子等；
  - ④ 通用零部件：销轴，舵柄，舵柄连接杆（舵同步拉杆），自制舵柄连接螺栓、隔离阀装配图（如为自制件）及其相关资料，舵柄或转叶式转子与舵杆的连接装置（如适用），机械舵角刻度板等。
- (7) 液压系统（原理）图，通常需表述清楚：
- ① 全套动力转舵液压系统的配置情况及相互关系（包括内部控制油路）；
  - ② 主要元器件的规格型号及主要参数（公称压力、公称流量/通径、额定转速、容积、滤油精度等），通常包括液压软管、液压泵、电动机、安全阀、溢流阀、减压阀、背压阀、电磁阀/电液换向阀、滤油器、蓄能器（如适用）、压力表及其开关、截止阀、压力/流量/温度等检测装置、加热器/冷却器等；
  - ③ 各管路的规格型号、通径、壁厚、材质等数据；
  - ④ 各报警点的报警设定值；
  - ⑤ 系统工作循环（电磁）控制阀动作表。
- (8) 储备油箱，通常需表述清楚：
- ① 尺寸及有效容积，箱体材料；
  - ② 液位计的设置。
- (9) 计算书（液压系统计算书及转舵机构强度计算书），通常需包括如下项目的校核计算：
- ① 公称转舵扭矩计算；
  - ② 系统公称压力选择计算；
  - ③ 转舵油缸（系统）容积计算，需用流量计算及转舵时间复核；
  - ④ 液压泵选择计算；
  - ⑤ 驱动功率计算及电动机选择计算；

- ⑥ 管子壁厚校核；
- ⑦ 转舵油缸行程及安装尺寸校核，或复核最大舵角及限位舵角；
- ⑧ 对拨叉式转舵机构：缸体壁厚校核、端盖厚度/强度校核、法兰盖螺栓校核、柱塞强度、柱塞销强度、缸体底座螺栓强度（视需要包括对止推块的强度要求）、舵柄叉口处强度校核、假舵柱强度（如适用）等；
- ⑨ 对摆缸式转舵机构：缸体壁厚校核、端盖连接强度校核、法兰盖螺栓校核、活塞杆（包括两端螺纹或挡块）强度、支座及其螺栓强度（视需要包括对止推块的强度要求）、销轴强度校核、耳环强度校核等；
- ⑩ 对转叶式机构：缸体壁厚校核、缸盖及其螺栓校核、静叶/动叶及其连接装置强度、缸体底座螺栓强度（视需要包括对止推块的强度要求）、转子强度、转子与舵杆连接强度校核等；
- ⑪ 舵柄校核：尺寸选择计算、截面模量校核、连接螺栓校核（如适用）、与舵杆的连接（例如键或磨擦环装置）强度校核（如适用）；
- ⑫ 舵柄连接杆强度校核：最大允许长度、连接杆截面及截面模量（压杆稳定校核）；
- ⑬ 隔离阀的有关计算（如适用）。

(10) 型式试验大纲，需表述清楚：

- ① 试验的项目及合格判定的标准；
- ② 试验的方法；
- ③ 检测仪表的要求；
- ④ 试验的环境条件要求；
- ⑤ 试验用油的要求；
- ⑥ 试验加载设备的要求等。

4.2 下述图纸资料通常应提交本社备查：

- (1) 非标自制密封件，油路集成块装配图，应标明材料牌号；

(2) 产品使用说明书，通常包括如下内容：

- ① 产品设计符合的规范及标准、产品适用范围；
- ② 产品配置范围及产品主要技术参数；
- ③ 产品工作原理（附相关原理图）；
- ④ 产品维护保养要求；
- ⑤ 必要的安全警示；
- ⑥ 故障的应急处理。

(3) 主要零件材料理化性能数据表（或在零件图中表述清楚）；

4.3 制造厂首次申请产品认可和检验时，对产品主要零部件（例如转舵机构传递机械力至舵杆的零部件、承压壳体、管路等）焊接、热处理工艺、无损检测方法、主要验收标准、产品铭牌、产品可追溯性规定等资料（如适用）请直接提交给制造厂辖区内本社产品检验执行单位审查。

## 5 原材料及零部件

5.1 液压舵机的组成如表 5.1 所示。

液压舵机的组成

表 5.1

液 压 舵 机	液 压 转 舵 机 构	拨叉式转舵机构	舵柄、舵柄连接杆、销轴	
			拨叉式转舵油缸	缸体、柱塞、柱塞销、隔离阀、底座、密封件
		摆缸式转舵机构	舵柄、舵柄连接杆、销轴	
			摆缸式转舵油缸	缸体、活塞、活塞杆、隔离阀、底座、密封件
		转叶式转舵机构	舵柄、舵柄连接杆、销轴	
			转叶式转舵油缸	缸体、动叶、静叶、转子、隔离阀、密封件
	液 压 动 力 装 置	液压泵		
		泵驱动器	电动机	
			柴油机	
			联轴器	
管 路 附 件	控制阀（电磁阀、电液换向阀、比例控制阀、伺服阀等）、安全阀、溢流阀、背压阀、平衡阀、滤油器、油冷却器、（主/备）油箱、钢管、高压软管、管子机械接头、蓄能器、加热器等			

5.2 液压舵机重要外购件的持证要求应满足 CCS《钢质海船入级规范》第 1 篇第 3 章附录 2A 船舶入级产品部件持证要求一览表的相关要求,并满足本产品的预定用途,其中:

- (1) 转舵油缸,应满足 CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇第 13 章第 1 节和本章的相关技术要求,普通工程油缸不得使用; ;
- (2) 蓄能器,应满足 CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇第 6 章和本章的相关技术要求;气液未进行有效隔离的蓄能器不得用于转舵动力系统中;
- (3) 电磁(液)换向阀,应满足 CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇第 2 章、第 4 篇、第 7 篇和本指南的相关技术要求,且应明确标识许用的电压波动范围;根据 CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇第 2.8.8.4 条要求,当电控不能使用时,如果为了安全或其它原因需要操作电磁阀,那么它应配备手动应急控制装置(也即通常电磁(液)换向阀需要带有手动应急按钮或类似的装置)。

## 6 焊接工艺评定

6.1 转舵机构中的下述重要焊接结构件的焊接工艺,在制造前应经 CCS 焊接工艺评定,满足 CCS《材料与焊接规范》第 3 篇的有关要求:

- (1) 转舵油缸缸体、端盖(适用时);
- (2) 直接将液压力传递至舵杆的零部件:如柱塞,活塞及活塞杆,转叶式油缸的动叶及转子,转舵油缸/机构底座,舵柄,舵柄连接杆等(适用时)。

6.2 热处理工艺应经过本社确认,满足 CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇及 CCS《材料与焊接规范》第 3 篇的有关要求。

- (1) 对于管路:应满足 CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇第 2.5.4 条要求(适用时)。
- (2) 对于承压缸体:应满足 CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇第 6.2.7 条要求(适用时)。

## 7 设计技术要求

### 7.1 技术要求

- (1) 液压舵机的技术要求见表 7.1。

液压舵机技术要求

表 7.1

序号	具体要求	检验依据条款	备注
1	通用要求		
1.1	图纸送审要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.3.1、1.1.3.2、1.1.3.3、2.1.2.4； CCS《钢质海船入级规范》第1篇 3.6.2.1	应满足本指南第4条要求
1.2	外购件持证要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.1.2	应满足本指南第5条要求
1.3	满足环境条件的要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 1.2.1.1、1.2.1.2	对应“主机和辅机”栏； 对应“大气”“室内”栏，但须考虑更恶劣的使用环境的可能性。
1.4	满足通用安全要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 1.3.6	对外露旋转部分（如电动机泵组联轴器）应增加防护罩。
1.5	对与液压舵机配用的电气产品的要求	CCS《钢质海船入级规范》第4篇	特别关注由直流电控制的如电磁阀、电液换向阀等器件产品的抗电源电压波动能力，其应满足 CCS《钢质海船入级规范》第4篇 1.2.2.2 条要求，对没有达到电压向下波动-25%指标的这些元器件均不得用于由蓄电池直接供电的系统中，除非满足 CCS《钢质海船入级规范》第4篇 1.2.2.3 条要求，对没有达到电压-10%指标的这些元器件均不得使用。在实际使用中，应考虑在电磁铁动作工况下检测电磁线圈接线端子的电压值，其来回电缆总压降值之和应满足 CCS《钢质海船入级规范》第4篇 2.12.4.2 条要求。
2	操舵装置基本性能		

续表 7.1

序号	具体要求	检验依据条款	备注
2.1	主操舵装置与副操舵装置的关系	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.5.1、13.1.5.6、13.1.10.1	
2.2	作为主操舵装置液压舵机的转舵能力	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.5.2	产品设计制造及检验按液压舵机公称扭矩考核。
2.3	作为辅助操舵装置液压舵机的转舵能力	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.5.3	产品设计制造及检验按液压舵机公称扭矩的25%考核。
2.4	人力操舵要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.5.4	
2.5	作为主、辅操舵装置液压舵机动力设备的布置要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.5.5	
2.6	作为主操舵装置液压舵机动力设备的设置要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.5.1、13.1.5.6、13.1.10.1	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.5.6.3 条所述“管系”包括动力设备的泵出口至转舵油缸入口隔离阀之间的管路、阀件及相关附件，如果隔离阀为液控型，则也应包括其液控管路的单一故障隔离问题。
2.7	免设辅助操舵装置的条件	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.5.6	
2.8	对舵角限位器的设置要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.5.8	除非舵角限位器的失效或损坏不影响操舵能力的丧失，否则应至少设置2套限位器（如电气限位开关），其位置应设置在最大设计舵角（通常应为 $\pm 35^\circ \sim \pm 35.5^\circ$ ）处。
2.9	对锁舵的要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.5.9	在操舵装置处于非随动或非自动操舵模式时，当舵杆扭矩为公称扭矩时，对于拨叉式转舵机构及摆缸式转舵机构其跑舵速度应不大于0.5 %min；对于转叶式转舵机构其跑舵速度应不大于1 %min。

续表 7.1

序号	具体要求	检验依据条款	备注
3	结构和设计		
3.1	操舵装置中承受内压的构件的设计要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.6.1	有关零部件及附件与承压缸体部分的连接通常不得直接采用螺纹的连接方式,可通过在承压缸体上增加法兰或复板进行过渡,除非对于满足单项故障隔离要求的双套油缸或转舵机构的设置型式、或对采用具有较好延伸率的缸体材料且公称扭矩较小的产品才可考虑对此要求给予适当放宽。
3.2	液压舵机中承受内压的构件设计时选择的安全系数要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.6.2	应包括缸体、缸盖及其螺栓、缸体法兰及其螺栓、安装在缸体上的截止阀、隔离阀及为密封件提供预紧压力的内部梭阀(如适用)等。
3.3	对承压部件的焊接要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.6.3	
3.4	对传递机械力的构件的焊接要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.6.3	
3.5	结构应力集中的控制要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.6.4	
3.6	设计压力的选择要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.6.5	产品设计至少取1.25倍系统公称压力。
3.7	对操舵装置部件强度的总体要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.6.6	

续表 7.1

序号	具体要求	检验依据条款	备注
3.8	对非双套设置的部件要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.6.6	<p>1、转舵油缸直接连接的阀件（包括隔离阀）及外接管路法兰的螺栓数应不少于4个；缸盖法兰螺栓数应不少于6个（除非法兰结构及螺栓的强度给予了特别考虑）。</p> <p>2、与缸体内部液压油直接接触无法隔离的各压力表开关截止阀、放气阀、单向阀及为密封件提供预紧压力的内部梭阀（如适用）等其通径的最大尺寸应给予必要的限制，对由于弹簧断裂、阀芯卡死等故障造成液压油的泄漏量不应影响操舵能力（不低于作为辅助操舵装置的操舵能力）的维持。</p>
	传递机械力到舵杆的零部件的强度要求	<p>CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.6.7；</p> <p>CCS《钢质海船入级规范》第2篇 3.1.1.5、3.1.2、3.1.5.1、3.1.5.2、4.2.5等；</p>	<p>1、通常包括舵杆与舵柄（转叶式油缸的转子）的连接至转舵机构与船体底座连接的螺栓（包括止推块）之间传递机械力（通过缸体内部限位传递机械力）的零部件的强度应与舵柄处舵杆的强度等效。</p> <p>2、作为零部件强度的验收，除CCS《钢质海船入级规范》或本指南另有明确的要求外均应按如下要求执行：</p> <p>许用等效应力【<math>\sigma</math>】=118/K<sub>s</sub></p> <p>式中：K<sub>s</sub>——舵杆材料系数，定义同CCS《钢质海船入级规范》第2篇 3.1.5.1。</p> <p>对于拟用于冰区航行的船舶，还须考虑舵杆冰区加强的情况，包括航速改变对舵杆强度的影响等。</p>

续表 7.1

序号	具体要求	检验依据条款	备注
3.9			<p>3、如果结构性制动器或机械缓冲器安装在舵柄处，且在它们起作用时油缸内部没有达到限位（此时缸体内部应至少预留 10mm 间隙），则舵杆与舵柄的连接至结构性制动器或机械缓冲器安装处之间的传递机械力的零部件的强度应与舵柄处舵杆的强度等效。</p> <p>4、对受结构性制动器或机械缓冲器保护的非承压零部件的强度应满足：当由于舵叶外加负载造成转舵油缸安全阀开启时，受保护的零部件的应力应满足 <math>\sigma \leq 90\% R_{eH}</math>（式中 <math>R_{eH}</math> 为对应零部件的材料屈服强度）的要求。</p> <p>5、在设计压力下，当转舵油缸处于内部限位时，其相关非承压受力结构件的应力应满足 <math>\sigma \leq 90\% R_{eH}</math>（式中 <math>R_{eH}</math> 为对应零部件的材料屈服强度）的要求，在双油缸或多叶数转叶式油缸配置的转舵机构中，还应考虑限位同步的问题，例如 2 个油缸产生的力同时作用在一个油缸的限位部分的工况。</p> <p>6、内部限位舵角通常取最大转舵角加 <math>1.5^\circ</math>。</p> <p>7、根据本章第 8.8 条要求的舵柄连接螺栓的强度校核。</p> <p>8、根据本章第 8.9 条要求的舵柄连接杆的强度校核。</p> <p>9、转舵油缸安全阀的设置不属于“结构性制动器或机械缓冲器”保护。</p>

续表 7.1

序号	具体要求	检验依据条款	备注
3.10	转舵机构与船舶底座的固定要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.11.1	<p>1、止推块、螺栓等的设计和安装，应能承受所有可预见的力，紧固件宜尽量避免承受剪切力。</p> <p>2、紧配螺栓承受转舵机构的翻转力矩和水平剪切力；在螺栓与止推块的组合中，螺栓负责承受转舵机构施加的翻转力矩，止推块承受水平剪切力。</p>
3.11	对密封件的设置要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.6.8	<p>1、除非在技术上无法实施或采取了类似刚性密封材料，否则对非双套设置的转舵油缸，在其形成外压力界面部分运动件间的双重密封中间建议设置漏油检测口，以便及早发现密封圈失效。</p> <p>2、在征得本社同意后，对于双套设置的操舵装置的液压缸，其形成外压力界面部分运动件间可不要求设置双重密封。</p>
3.12	对液压管系附件的要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 3.1.6.9、 13.1.6.5	此处不包括与转舵油缸直接相连的隔离阀、压力表装置、放气阀等阀件附件
3.13	对剖面模数要求	CCS《钢质海船入级规范》第2篇 3.1.15.1、 3.1.15.5	
3.14	舵柄毂高度与外径尺寸要求	CCS《钢质海船入级规范》第2篇 3.1.15.2、 3.1.15.5	转叶式转舵机构的转子尺寸应参照执行

续表 7.1

序号	具体要求	检验依据条款	备注
3.15	与舵杆的连接要求	CCS《钢质海船入级规范》第2篇第3.1.15.3、3.1.15.4及3.1.17	<p>1、如果产品设计尚未明确具体的舵杆尺寸（如通用转舵机构产品设计），则舵杆与舵柄的连接方式及连接强度由船舶图纸审查部门负责审查批准。</p> <p>2、对CCS《钢质海船入级规范》第3篇第13.1.10条附加要求的船舶用液压舵机，如为单舵配置形式，则连接舵杆的舵柄不应使用由两个半块对合而成采用螺栓栓牢的舵柄（舵扇）毂结构。</p>
4	材料要求		
4.1	对材料的总要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇1.2.8.1	主要针对本指南第4.1(6)条承压零部件及传递机械力的零部件。
4.2	对承压零部件及传递机械力至舵杆的零部件的材料要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇13.1.4.1	<p>1、对动力泵至油缸隔离阀之间（不包括隔离阀）的液压阀件其阀壳材料的延伸率要求可适当放宽：</p> <p>(1)除本社另有规定外，船用液压阀零部件材料通常不得采用冲击韧性<math>\alpha_k</math>小于50Nm/cm<sup>2</sup>和延伸率<math>\delta</math>小于5%的脆性材料；</p> <p>(2)对双套互为备用或具有应急装置的I类及II类管系系统，动力泵至油缸隔离阀之间（不包括隔离阀）的液压阀件其阀壳材料可考虑允许使用灰铸铁。</p> <p>2、对液压集成块材料应满足延伸率不小于12%的要求。</p> <p>3、用于制造液压缸缸体的冷拔钢管通常需要采购以退火状态供货的管材，以保证延伸率的要求。</p>

续表 7.1

序号	具体要求	检验依据条款	备注
4.3	对软管组件的使用条件要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.4.2	除非经本社特别批准，否则严禁在固定管路之间或固定管路与固定设备部件之间使用液压软管。
4.4	对软管组件的技术要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.4.3	
4.5	对软管组件的爆破压力要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.4.4	
5	液压系统		应考虑满足液压装置及其零部件检验指南的相关适用要求。
5.1	通用要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 4.7	提供应急动力源的蓄能器不应设置易熔塞，仅需设置安全阀，但该安全阀的可靠性及通径的选择应给予特别考虑（可根据 ISO4126 标准要求选择安全阀）。
5.2	对管路、法兰、阀及附件的技术要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.7.1	包括管子壁厚强度校核计算要求
5.3	对安全阀的设置要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.7.2	<p>1、动力泵出口安全阀或溢流阀，其整定压力应为 1.25 倍系统公称压力，以便使系统具有短时的过载能力；</p> <p>2、转舵油缸处设置的安全阀，其整定压力通常应为 1.25 倍系统公称压力，但在征得本社同意后可按下述方式调整其压力：</p> <p>(1)对于安全阀向油缸另一腔回油的设置，其整定压力可取当转舵机构输出公称扭矩时液压缸进出口压差的 1.25 倍。</p> <p>(2)对于安全阀向系统油箱回油的设置，其整定压力可取当转舵机构输出公称扭矩时液压缸进口压力的 1.25 倍。</p>

续表 7.1

序号	具体要求	检验依据条款	备注
5.4	对隔离阀的设置要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.7.3	除 CCS《钢质海船入级规范》第3篇第13章另有明确规定外，对于摆缸式等双缸布置型式的转舵机构，该隔离阀可放宽设置在软管与油缸连接口的外端，但应考虑软管破裂并实施单油缸隔离后，被隔离油缸不应产生液压阻塞，且剩余转舵油缸仍能提供必要的操舵能力。
5.5	对过滤器设置的要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.7.4	制造厂应保证系统内或独立滤油装置中使用的滤油器的过滤能力满足系统内液压元器件对油液杂质颗粒度的要求；此外，滤油器前应设置压力表装置或等效替代的方法，以便及时了解滤油器阻塞的情况。
5.6	对液位报警器的设置要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.7.5	液位报警器的设置应考虑船舶倾斜摇摆的影响。
5.7	对放气装置的要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.7.6	
5.8	考虑液压阻塞问题的要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.7.7	须考虑同步运行时回油量的差异，例如需要2套系统中的日用循环油箱在高位应保持连通，正常液位时相互隔离。
5.9	对储备油箱的设置要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.7.8	
5.10	对动力管路的布置要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.7.9	

续表 7.1

序号	具体要求	检验依据条款	备注
5.11	液压系统设计温度	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.9.1、1.2.1.2、2.1.4.1、	<p>1、通常为系统最高使用环境温度至系统循环油箱内（对开式系统）油温达到 60℃~65℃（即环境最高温度+系统温升），系统的温升通常应控制在不大于 20K，除非液压油及液压元器件的选择给予了特别考虑，否则应设置油冷却器；</p> <p>2、系统或任何元件的整个工作温度范围，不应超过规定的安全使用范围；</p> <p>3、当使用加热器时，其单位面积耗散功率不应超过液压油液制造商推荐的范围；应采用自动温度控制，以保持希望的液压油液温度。</p>
6	监测和报警		
6.1	操舵动力设备的动力故障	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.5.5.3、13.1.9.1、13.1.9.3	<p>在可能的情况下监测点故障信号的选取次序为：</p> <p>(1)液压泵失效；</p> <p>(2)驱动器（电动机）失效；</p> <p>(3)电源供应故障。</p>
6.2	操舵控制系统动力故障	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.9.1	<p>1、对于液压遥控系统，应增加控制系统失压报警；</p> <p>2、对于控制动力取自操舵动力设备的情况，则可不设置控制压力低报警，但应设置控制电源故障报警。</p>
6.3	液压油柜液位低	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.9.1、13.1.7.5	低液位传感器的设置应考虑船舶摇摆因素造成的影响

续表 7.1

序号	具体要求	检验依据条款	备注
6.4	液压油温高	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.9.1	通常报警点设置在 60℃~65℃，不高于 70℃。系统的温升通常应控制在不大于 20K，除非液压油及液压元器件的选择给予了特别考虑，否则应设置油冷却器，将油温限制在 60℃以内。
6.5	滤油器阻塞	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.9.1	通常根据滤油器制造厂提供的压差传感器设定值执行，否则按滤油器两端不超过 0.35MPa 设定报警值（须考虑滤油器壳体的承压能力）。
6.6	液压阻塞故障	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.9.1	
6.7	对液压阻塞故障报警的要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.9.5	由操舵装置同步操舵造成的液压阻塞，可以考虑采用如下报警条件作为替代：  当操舵指令与转舵机构的转舵动作响应不一致时应予以报警。
7	特殊大型船舶的附加要求		
7.1	作为主操舵装置液压舵机的动力设备配备要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.10.1	
7.2	作为主操舵装置液压舵机的设置要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.10.2(1)	应采用非就地手动的自动或遥控隔离方式实施故障隔离。
7.3	作为主操舵装置液压舵机的组成要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.10.2(2)	

续表 7.1

序号	具体要求	检验依据条款	备注
7.4	可不要求单项故障标准的放宽条件	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.10.3.(1)	在转舵机构为双套设置或为满足 CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.10.3.(2)条的单套设置条件下,应优先考虑采用非就地手动的自动或遥控隔离方式实施故障隔离,否则制造厂应在产品使用说明书、规范第 13.1.11.3 条要求的显示牌等处给予明确的且具有可操作性的故障应急处置方式说明及安全警示,以便船员实施应急控制,满足规范 45s 的要求。
7.5	对单一动力转舵系统的设置要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.10.3.(2); 13.1.10.4	第 13.1.10.3.(2)条要求提供的应力分析,应包括合格判定准则。
8	无损检测		
8.1	对转舵机构主要部件的无损检测要求		将根据图纸设计及零部件制造工艺情况决定。
9	舵角指示		
9.1	舵角指示要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.8.3	<p>1、在舵机舱的操舵或应急操舵位置,操作者应能看见被控转舵机构的舵角指示,但这可以是机械舵角指示装置。</p> <p>2、转舵机构的实际舵角应与机械舵角指示装置的示值误差不大于<math>\pm 1^\circ</math>。</p> <p>3、舵角指示的分度值应不大于<math>1^\circ</math>;对于机械舵角指示装置,应在最大转舵角及内部极限舵角示值位置给予明确标识(可使用刻度线的长度及颜色加以区别)。</p>

## 7.2 补充技术要求

(1) 公称转舵扭矩分别按下列要求进行计算:

① 下述② ~ ④公称转舵扭矩计算的假设条件如下:

- (a) 是指在单转舵机构驱动单舵杆工况下可以输出的公称转舵理论扭矩,对于通过假舵柱、舵柄连接杆等驱动双舵杆或三舵杆的使用工况,则在实际选用产品时还需考虑额外的机械效率损失;对于拨叉式转舵机构双缸、摆缸式四单伸出轴液压缸及双转叶式油缸的情况,则下述计算的公称转舵扭矩理论值还将乘以 2,依次类推;
- (b) 使用特定牌号(粘度)的液压油;
- (c) 特定的温度条件,如产品制造厂无特别明示,则以 40℃作为恒定基准;
- (d) 最大明示设计转舵速度。

② 拨叉式转舵机构(单缸)输出扭矩  $M_1$ :

$$M_1 = \pi D_1^2 R_1 \Delta P \eta_1 / 4 \cos^2 \alpha \times 10^{-6} \quad \text{kNm}$$

式中:  $D_1$  —— 柱塞直径, mm;

$R_1$  —— 舵柄半径, mm;

$\Delta P$  —— 转舵油缸进油和排油的压力差, MPa ;

$\alpha$  —— 工作转角,通常以  $\alpha = \pm 35^\circ$  时输出的扭矩作为产品的公称转舵扭矩

$\eta_1$  ——  $\pm 35^\circ$  时转舵机构的机械效率,通常取 0.80~0.85,同结构型式的转舵机构,其首台产品通常应予以试验验证计算所取效率值的正确性。

③ 摆缸式转舵机构(双单伸出轴液压缸配置型式)输出扭矩  $M_2$ :

$$M_2 = \pi(2D_2^2 - d_2^2)R_2 \Delta P \eta_2 \cos \alpha / 4 \times 10^{-6} \quad \text{kNm}$$

式中:  $D_2$  —— 转舵液压缸内径, mm;

$d_2$  —— 活塞杆作用直径, mm;

$R_2$  —— 舵柄半径 mm;

$\Delta P$  —— 油缸进油和排油的压力差, MPa ;

$\alpha$  —— 工作转角, 通常以  $\alpha = \pm 35^\circ$  时输出的扭矩为产品公称转舵扭矩;

$\eta_2$  ——  $\pm 35^\circ$  时转舵机构的机械效率, 通常取 0.9~0.94, 同结构型式的转舵机构, 其首台产品通常应予以试验验证计算所取效率值的正确性。

④ 转叶式转舵机构 (假设叶片油压作用面为矩形) 输出扭矩  $M_3$ :

$$M_3 = 0.125 i \Delta P H (D_3^2 - d_3^2) \eta_3 \times 10^{-6} \quad \text{kNm}$$

式中:  $i$  —— 叶片数;

$\Delta P$  —— 转舵油缸进排油压力差, MPa;

$H$  —— 工作容积高度, 叶片理论高度, mm;

$D_3$  —— 转舵油缸内径, 即叶片理论外径, mm;

$d_3$  —— 转子 (转轴) 外径, 即叶片理论内径, mm;

$\eta_3$  ——  $\pm 35^\circ$  时转舵机构的机械效率, 它的高低和密封型式、密封材料、密封部位、转轴支承等因素有关, 通常取 0.80~0.85 的机械效率, 同结构型式的转舵机构, 其首台产品通常应予以试验验证计算所取效率值的正确性。

(2) 系统公称压力按下式计算:

$$P_0 = \Delta P_i + \Delta P_{in} + \Delta P_{out}$$

式中:  $P_0$  —— 系统公称压力, 既油泵出口压力值, MPa

$\Delta P_i$  —— 转舵油缸进排油压力差, MPa

$\Delta P_{in}$  —— 在系统设计流量最大时, 泵出口至油缸进油口之间的沿程压力损失, MPa

$\Delta P_{out}$  —— 在系统设计流量最大时, 油缸出油口至油箱或泵吸油口之间的沿程压力损失, MPa

上述系统公称压力计算的假设条件请参见本指南第 7.2(1)条, 使用不同牌号的液压油及不同的参考试验温度、流量等, 由于液压油的粘度变化等

因素会造成系统的流道损失不同，故制造厂应明确该值所取的工况。相同配置且在流量最大的前提下，其首台产品通常应予以试验验证所取系统沿程损失值的正确性。

(3) 转舵油缸系统容积计算，需用流量计算及转舵时间按下列要求进行复核：

① 转舵油缸理论容积计算（相对于单动力转舵机构的转舵机构从一边的 35° 转至另一边 30° 时油缸的理论容积）：

(a) 拨叉式转舵机构（单缸）：

$$V = \pi D_1^2 R (\operatorname{tg} 35^\circ + \operatorname{tg} 30^\circ) / 4 \times 10^{-6} \quad 1$$

(b) 摆缸式转舵机构（双单伸出轴液压缸配置型式）：

$$V = \pi (2D_2^2 - d_2^2) L_3 / 4 \times 10^{-6} \quad 1$$

式中：  $L_3$  —— 转舵机构从一边的 35° 转至另一边 30° 油缸的行程。

(c) 转叶式油缸（转动 65° 时）：

$$V = \pi (D_3^2 - d_3^2) H \times i \times 65^\circ / (4 \times 360^\circ) \times 10^{-6} \quad 1$$

② 动力系统主油泵流量的确定：

$$Q \geq 60V / T_0 \eta_v \quad 1/\min$$

式中：  $Q$  —— 主油泵的最小选择流量， 1/min；

$V$  —— 舵自一边的 35° 转至另一边 30° 时对应的油缸容积 1；

$T_0$  —— 设计转舵时间，对于海船取 28 s；

$\eta_v$  —— 动力系统的容积效率；视不同的液压系统与转舵装置选择。

③ 转舵时间复核：

$$T_0 = 60V / Q_0 \quad \text{sec}$$

式中：  $T_0$  —— 设计转舵时间， sec；

$Q_0$ —— 泵的实际流量，根据泵的排量、驱动装置转速、泵的容积效率计算取得，1/min；

(4) 驱动功率计算及电动机选择计算：

$$N \geq P_s Q_0 / 60\eta_b n_b \quad \text{kW}$$

式中：N—— 所需驱动功率（电动机率），kW；

$P_s$ —— 系统设计压力，MPa；

$Q_0$ —— 按本指南第 7.2(3)条计算求得的油泵实际流量，1/min；

$n_b$ —— 电动机过载系数，通常为 $\leq 1.6$ ，除非经本社特别批准；

$\eta_b$ —— 油泵总效率，可根据液压泵产品制造厂提供的数据（例如压力—流量—效率曲线）选择，通常柱塞泵的总效率为 0.80~0.85；叶片泵的总效率为 0.60~0.75；齿轮泵的总效率为 0.60~0.70；

对于可由用户调整流量的变量泵，应给出最大允许调整(对应最小转舵时间)的值：

$$Q_{0\max} = 61.2\eta_b n_b N / P_s$$

$$T_{0\min} = 60V / Q_{0\max}$$

(5) 除非另有说明，否则液压舵机的转舵机构不承受由舵杆额外产生的向上和/或向下轴向力及径向力。

### 7.3 标志

(1) 产品应设置永久性铭牌。铭牌应采用不锈钢或黄铜等耐腐蚀材料制作。

(2) 铭牌通常应至少刻蚀或标打如下内容：

① 产品名称、型号；

② 制造厂名称或注册商标；

- ③ 主要技术参数，例如公称转舵扭矩、最大工作压力、转舵时间、最大转舵角；
  - ④ 产品编号；
  - ⑤ 产品出厂或制造日期。
- (3) 在缸体（如法兰外缘）上应标打有产品编号。
- (4) 本指南第 4.2(2)条提及的产品使用说明书及第 4.3 条提及铭牌其文字通常应采用中/英文对照方式标识，如产品非中国船东使用，可仅使用英文标识。

## 8 强度要求

8.1 对转舵机构零部件的强度除 CCS《钢质海船入级规范》已经明确要求的计算外，下述零部件的强度制造厂应给予校核，并满足本指南对零部件许用应力的要求：

- (1) 对拨叉式转舵油缸：
- ① 法兰盖螺栓校核；
  - ② 柱塞抗压、抗弯强度校核；
  - ③ 柱塞销抗弯、抗剪强度校核；
  - ④ 缸体底座螺栓承受柱塞轴向和侧向力矩产生的组合水平剪切和组合拉力强度校核，视需要还需提出对止推块的强度要求；
  - ⑤ 舵柄叉口处抗弯及挤压（如使用滚轮）强度校核；
  - ⑥ 假舵柱抗弯、剪强度（如适用）；
  - ⑦ 缸体滑动轴承挤压强度；
  - ⑧ 柱塞销上下滑动轴承挤压强度等。
- (2) 对摆缸式转舵油缸：
- ① 端盖螺栓（或螺纹、螺杆）强度校核；
  - ② 活塞杆（包括两端螺纹）抗拉强度、稳定性校核（当油缸行程  $S \geq 10D_2$  时）；

- ③ 支座强度；
  - ④ 支座螺栓强度（视需要包括对止推块的强度要求）；
  - ⑤ 销轴抗弯、剪强度校核；
  - ⑥ 销轴轴承抗挤压强度校核；
  - ⑦ 缸体、活塞杆耳环强度校核等。
- (3) 对转叶式油缸：
- ① 缸盖螺栓校核；
  - ② 静叶抗弯及其连接结构强度；
  - ③ 动叶抗弯及其连接结构强度；
  - ④ 缸体底座螺栓强度（视需要包括对止推块的强度要求）；
  - ⑤ 转子强度；
  - ⑥ 转子与舵轴连接强度校核等。
- (4) 舵柄校核：
- ① 连接螺栓校核（如适用）；
  - ② 与舵杆的连接强度校核（如适用）；
- (5) 舵柄连接杆结构强度校核：
- ① 连接杆端面强度校核；
  - ② 与舵柄连接销轴的抗弯抗剪切强度校核；
  - ③ 销轴轴承抗挤压强度校核；
  - ④ 耳环强度校核。

8.2 如隔离阀为非标自制件，则应对与缸体法兰连接螺栓及阀芯压盖螺栓的强度进行校核。

### 8.3 许用应力

除本指南另有规定外,为确定转舵机构零部件尺寸,其许用应力应不超过下列数值:

$$\sigma_m \leq [\sigma]$$

$$\sigma_1 \leq 1.5 [\sigma]$$

$$\sigma_n \leq 1.5 [\sigma]$$

$$\sigma_1 + \sigma_n \leq 1.5 [\sigma]$$

$$\sigma_m + \sigma_n \leq 1.5 [\sigma]$$

$$[\tau_j] = (0.6 \sim 0.8) [\sigma]$$

$$[\tau_n] = (0.5 \sim 0.6) [\sigma]$$

$$[\sigma_{jy}] = (1.7 \sim 2) [\sigma]$$

式中:  $\sigma_m$  —— 当量初始总薄膜应力,  $N/mm^2$ ;

$\sigma_1$  —— 当量初始局部薄膜应力,  $N/mm^2$ ;

$\sigma_n$  —— 当量初始弯曲应力,  $N/mm^2$ ;

$[\tau_j]$  —— 钢材剪切许用应力,  $N/mm^2$ ;

$[\tau_n]$  —— 钢材扭转许用剪切应力,  $N/mm^2$ ;

$[\sigma_{jy}]$  —— 挤压许用应力,  $N/mm^2$ ;

$[\sigma] = R_m/A$  或  $R_{eH}/B$  之中的较小值,  $N/mm^2$  ;

$R_m$  —— 在环境温度下材料的抗拉强度,  $N/mm^2$ ;

$R_{eH}$  —— 在环境温度下材料的屈服点或规定非比例伸长应力,  $N/mm^2$ ;

A 和 B 值分别按本社 CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇第 13 章的相关定义(表 13.1.6.2 或第 13 章附录 1 表 1.2.3) 选取。

#### 8.4 常规应力校核要求:

##### (1) 纯剪切强度校核:

$$\tau_j = Q_j / F_j \leq [\tau_j]$$

式中：  $Q_j$  —— 作用在剪切面上的剪切力, N;

$F_j$  —— 剪切面面积,  $\text{mm}^2$ 。

(2) 弯曲时剪切强度校核:

$$\text{对于矩形截面梁: } \tau_j = 3Q_j / 2bh \leq [\tau_j]$$

式中:  $h$  —— 高, m;

$b$  —— 宽, m。

$$\text{对于圆形截面梁: } \tau_j = 4Q_j / 3\pi R^2 \leq [\tau_j]$$

式中:  $R$  —— 圆形半径, m。

(3) 纯挤压强度校核:

$$\sigma_{jy} = Q_{jy} / F_{jy} \leq [\sigma_{jy}]$$

式中:  $Q_{jy}$  —— 挤压面上的挤压力, N;

$F_{jy}$  —— 挤压面面积,  $\text{mm}^2$ 。

(4) 纯弯曲强度校核:

$$\sigma_n = (M / W_z) \times 10^{-6} \leq 1.5 [\sigma]$$

式中:  $M$  —— 弯矩, Nm;

$W_z$  —— 抗弯截面模量,  $\text{m}^3$ ;

对于矩形截面:  $W_z = bh^2/6$

式中:  $h$  —— 高,  $m$ ;

$b$  —— 宽,  $m$ 。

对于圆形截面:  $W_z = \pi D^3/32$

式中:  $D$  —— 圆形直径,  $m$ 。

(5) 纯扭曲强度校核:

$$\tau_n = (M_n / W_n) \times 10^{-6} \leq \mathbf{[\tau_n]}$$

式中:  $M_n$  —— 扭矩,  $Nm$ ;

$W_n$  —— 抗扭截面模量,  $m^3$ ;

对于圆形截面:  $W_n = \pi D^3/16$

式中:  $D$  —— 圆形直径,  $m$ 。

对于空心圆形截面:  $W_n = \pi(D^4 - d^4)/16 D$

式中  $D$  —— 圆形外径,  $m$ ;

$d$  —— 圆形内径,  $m$ 。

(6) 弯扭组合强度校核:

$$(\sigma_n^2 + 3\tau_n^2)^{1/2} \leq \mathbf{[\sigma]}$$

式中:  $\sigma_n$  —— 纯弯曲应力,  $N/mm^2$ ;

$\tau_n$  —— 纯扭曲应力,  $\text{N/mm}^2$ 。

### 8.5 预紧螺栓、螺杆螺纹的强度校核（螺纹拧入深度应不小于螺栓直径）

螺纹处的合成应力：

$$\sigma_L = 1.66(K_0 + K_c)F_L/d_L^2 \leq \text{【}\sigma\text{】} \quad \text{MPa}$$

式中： $K_0$  —— 预紧螺纹系数，静载取  $K_0 = 1.2 \sim 2$ ，变载取  $K_0 = 2 \sim 4$ ；

$K_c$  —— 刚性系数，对连杆螺栓取  $K_c = 0.2$ ，钢板（或加金属垫）连接取  $K_c = 0.2 \sim 0.3$ ；

$F_L$  —— 单个螺栓承受的最大拉力， $\text{N}$ ；

$d_L$  —— 螺纹内径， $\text{mm}$ 。

### 8.6 受倾覆力矩的底座其固定螺栓组强度校核：

(1) 下述(2)计算所假定的条件如下：

- ① 螺栓直径、预紧力相等；
- ② 倾覆力矩轴心线处于受力方向的底座下对角处；
- ③ 每排螺栓在作用力的垂直方向上对称相等

(2) 由于倾覆力矩作用对螺栓承受的最大拉力为：

$$F_L = L_{\max}M / z (L_1^2 + L_2^2 + \dots + L_i^2) \times 10^3 \quad \text{N}$$

式中： $F_L$  —— 单个螺栓承受的最大拉力， $\text{N}$ ；

$L_{\max}$  —— 离倾覆力矩轴心线最远螺栓的距离， $\text{mm}$ ；

$M$  —— 倾覆力矩， $\text{Nm}$ ；

$z$  —— 螺栓的横排数;

$L_1、L_2、\dots、L_i$  —— 离螺栓组倾覆力矩轴心线各螺栓的距离, mm。

需考虑不同方向力的组合。

## 8.7 压杆稳定校核

当油缸行程  $S \geq 10d_2$  时, 活塞杆应进行压杆稳定性校核, 对于两端铰接钢制活塞杆的液压缸:

当  $L > 21.25d_2$  时, 则:

$$F_k = d_2^4 / L^2 \times 10^5 \geq n_k F \quad N$$

当  $L \leq 21.25d_2$  时, 则:

$$F_k = 1.2d_2^4 / (312.5d_2^2 + L^2) \times 10^5 \geq n_k F \quad N$$

式中:  $F_k$  —— 活塞杆压杆稳定极限力, N;

$F$  —— 油缸设计最大推力, N;

$L$  —— 活塞杆计算长度 (两铰接孔之间最大距离), mm;

$n_k$  —— 安全系数, 一般取  $n_k = 2 \sim 4$ ;

8.8 舵柄连接螺栓的强度应按 CCS《钢质海船入级规范》第 2 篇 3.1.15.3 要求进行校核。

8.9 舵柄连接杆的强度应按 CCS《钢质海船入级规范》第 2 篇 3.1.15.4 要求进行校核。

## 9 认可

### 9.1 典型样品的选择原则

9.1.1 制造厂申请单一规格的产品进行设计认可时,则任意抽取 1 台进行型式试验。

9.1.2 制造厂申请同型号不同规格的产品进行系列型式认可时,抽取其中 1 台最具代表性或最大规格的产品进行型式试验,当主要技术数据无法覆盖时可适当增加抽取试验样机的数量或采取组合的方式以达到有效的覆盖。

9.1.3 制造厂申请不同型号不同规格的产品进行系列型式认可时,可采用组批原则,既液压动力系统、操舵控制系统、转舵机构等可分开单独或组合试验考核:

- (1) 液压系统:可以以液压动力及控制系统原理来划分,对于每一种形式的液压系统如零部件配置基本相同,仅系统公称压力或所需流量不同,则在其选样时应考虑选择系统公称压力及系统流量尽量为最大的配置;
- (2) 转舵机构:同一图号/型号的转舵机构,如果仅公称压力和(转动)速度不同,则在其选样时应考虑选择最大公称压力及最快(转动)速度的规格,不同的转舵机构型式应能够覆盖;
- (3) 对柴油机带泵型式应考核最低及最高转速工况;
- (4) 对于总图(系统图)包括舵机操纵台等控制装置的产品,则在型式试验时机电设备应联调。

## 10 型式试验

10.1 根据 CCS《钢质海船入级规范》第 1 篇第 3 章的要求,操舵装置产品应经过设计认可,但产品的型式认可由制造厂自行选择。

10.2 申请方提供的液压舵机产品(设计)认可中的产品型式试验大纲其内容通常应该至少覆盖如下部分:

- (1) 本社验船师需要参与的试验项目:

包括本指南第 10.3 及 10.4 条要求的检验和试验项目。

对 630kNm 以上的舵机在有充分设计、制造及使用经验的基础上,采用成熟结构和常用工作压力的情况下,经本社特别批准,在制造厂可不做第 10.4 条中的第(5)至第(9)项负载类试验项目,可由航行试验结果替代。如果新设计的该舵机不满足上述条件,则应当采用缩小比例的样机做负载类试验。负载类试验的要求与型式试验相同。

- (2) 液压舵机制造厂需要另外完成的产品检验项目:

制造厂选定的及对外明示的产品设计标准规定的试验内容和要求。

10.3 产品在制造厂至少应进行表 10.3 所要求的检验和试验：

制造厂试验

表 10.3

序号	具体要求	检验依据条款	备注
1	对管路、法兰、阀及附件的试验要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.12.1(1)	CCS《钢质海船入级规范》第3篇第2章关于I级管系的要求，应按第2.7.1条及第2.7.2条进行液压试验，试验压力维持时间5min。
2	液压舵机中承受内压的构件的试验要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.12.1(2)	1、主要指转舵缸体及与缸体直接连接的第一道关闭装置，试验按CCS《钢质海船入级规范》第3篇第6章关于I级受压容器的要求执行，既按第6.6.2条要求进行液压试验，试验压力维持时间5min（蓄能器为30min）。  2、对于外购件，可由持证替代。
3	对动力单元主泵的型式试验要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.12.1(3)	1、对自制液压泵，如该泵在泵制造厂已经经过本社验船师检验合格，则可免除100小时的单独试验。  2、对于外购件，可由持证替代。
4	对驱动动力单元的柴油机的试验要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.12.1(4)	可由持证替代。
5	对驱动动力单元的电动机的试验要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.12.1(5)	可由持证替代。
6	产品总装后的检验与运行试验要求	CCS《钢质海船入级规范》第3篇 13.1.12.1(6)	1、按照本指南第10.4条要求执行，特殊情况下本社可接受其他等效的试验验证方法。  2、与舵机电气控制系统配套试验时，其试验项目、方法和要求还应满足《产品检验指南》“操舵控制系统”的适用要求。

10.4 型式试验项目、方法和要求：

(1) 试运转：

推荐的方法：

① 使被试舵机处于空载状态，按 $\pm 5^\circ$ 、 $\pm 10^\circ$ 、 $\pm 15^\circ$ 、 $\pm 20^\circ$ 、 $\pm$

25°、±30°、±35°的运转范围，每台动力机组轮流工作，各操舵3次。检查每次舵角误差。泵控型液压舵机检查舵角 $\alpha$ 时，以舵转到舵角 $(\alpha - 1)^\circ$ 后5s时所示位置作为舵机的停止位置。

- ② 两台动力机组互相转换3次，如系统设计有双机组同时工作的要求，则还应同时工作，在±35°范围内操舵3次。其中泵控系统双机组同时运行时应先同时在油泵为零排量工况下工作15min后再进行同步操舵试验。

注：如图纸设计包括超过±35°更大的转舵角，则试验应覆盖该最大转舵角。

试验应验证：

- ① 最大转舵角、缸体内部机械限位舵角、转舵时间（需要考虑系统容积效率的影响），满足批准图纸设计值。
- ② 最大舵角限位行程开关（2付）设置，其设置位置应尽可能相互远离，且应考虑到当该开关输出不起作用时，不会在转舵机构运行到机械限位舵角过程中被破坏。
- ③ 对设计带手动应急操舵机构的，应予以试验验证，操作迅速可靠。
- ④ 包括动作的正确性等设计性能验证，满足批准图纸设计值。
- ⑤ 双机组同步运行试验（如适用）时，液压阻塞的监测报警适用时也应予以验证。
- ⑥ 油温传感器（如适用）、滤器阻塞传感器（显示）、压力传感器（表）等工作正常。
- ⑦ 无其他异常现象。

## (2) 空载运转

推荐的方法：

- ① 将加载系统与被试舵机连成一体。
- ② 按试运转工况，每台动力机组轮流在±35°范围内操舵10min。如系统设计有双机组同时工作的要求，则两台动力机组还应同时工作，

在 $\pm 35^\circ$  范围内操舵 5min。

注：如图纸设计包括超过 $\pm 35^\circ$  更大的转舵角，则试验应覆盖该最大转舵角。

试验验证要求参见试运转试验。

(3) 密性试验：

液压舵机应经 1.25 倍设计压力进行液压密性试验，保压 5min。应无外泄漏及其他异常现象。

(4) 安全阀开启试验：

安全阀在系统设计最大排量（转舵速度）下的整定值及压力随排量的变化要求应满足批准图纸的设计要求及 CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇第 13.1.7.2 条要求，试验应重复三次，取平均值。

安全阀动作应灵敏可靠，无异常现象。

(5) 负载试验

推荐的方法：

调整加载系统，使舵机分别按最大工作压力的 25%、50%、75% 及 100% 的负载工作，动力机组轮流在 $\pm 35^\circ$  范围内各操舵 15min。如系统有双机组同时工作要求，则还应在上述负载下双机组同时工作，在 $\pm 35^\circ$  范围内操舵 5min。

记录相关试验数据，包括转舵角、（包括主泵出口及转舵机构油缸进出口等）油压、输出扭矩、转舵时间、电动机功率、油温。

注：如图纸设计包括超过 $\pm 35^\circ$  更大的转舵角，则试验应包括该最大转舵角，对应舵角时的负载选择应满足图纸设计要求。

试验应验证：

- ① 在 $\pm 35^\circ$  及设计最大舵角处的输出扭矩满足图纸设计的公称转舵扭矩要求。
- ② 采用机械或液压操纵方式的舵机，其滞舵时间不小于 1s。

- ③ 有操舵轮的液压或机械操舵设备，其手轮空转不得超过半圈。手轮上最大操纵力不超过 160N。
- ④ 非机械反馈型的液压舵机的冲舵角不大于  $2^{\circ}$ 。
- ⑤ 转舵时间及电动机过载满足设计要求。
- ⑥ 液压动力源及操纵方式的转换应迅速可靠。
  - (a) 动力装置转换应迅速；
  - (b) 由一个人进行动力源操纵方式的转换，其时间应不超过 10s。
- ⑦ 系统无明显外泄漏，温升满足设计要求。
- ⑧ 舵机运转应平稳，不得有严重超速、爬行、液压冲击等异常现象。

(6) 稳舵试验：

推荐的方法：

液压舵机处于非随动或非自动操舵模式下，将舵机分别运行至  $\pm 35^{\circ}$  位置，调整加载系统，使舵杆扭矩达到图纸设计的公称转舵扭矩，测量跑舵速度。

试验应验证：

对于拨叉式转舵机构及摆缸式转舵机构，其跑舵速度应不大于  $0.5^{\circ}/\text{min}$ ；对于转叶式转舵机构，其跑舵速度应不大于  $1^{\circ}/\text{min}$ ；无其他异常现象。

(7) 负扭矩操舵试验（适用时）：

推荐的方法：

- ① 空载操舵并记录从  $\pm 35^{\circ}$  到  $\pm 5^{\circ}$  的转舵时间  $t$ 。
- ② 液压舵机处于非随动或自动操舵模式，将舵运行至  $\pm 35^{\circ}$  位置，调整加载系统（加载系统油泵的排量及压力），使加载系统在反推被试舵机时加载油泵的排量对应的等效转舵速度明显大于被试舵机的空载运行速度，舵杆扭矩达到图纸设计的公称转舵扭矩值，模拟负扭矩工况出现，从  $\pm 35^{\circ}$  操舵到  $\pm 5^{\circ}$  并记录转舵时间  $t'$ 。每台动力机组轮流做 3 次。

试验应验证:

平衡阀等起负扭矩作用时舵从  $35^\circ$  转至  $5^\circ$  的平均时间  $t'$  与正常无负扭矩空载工况下舵从  $35^\circ$  转至  $5^\circ$  的平均时间  $t$  之比应不小于 0.9, 且无其他异常现象。

(8) 超载试验:

推荐的方法:

调整加载系统, 使舵机按最大工作压力 110% 的负载工作。每台动力机组轮流在  $\pm 35^\circ$  范围内操舵 5min (安全阀及转舵时间不调整)。

试验应验证:

舵机应具有一定的过载工作能力, 转舵速度不应明显降低, 应无其他异常现象。

(9) 连续运转试验:

推荐的方法:

- ① 调整加载系统, 使舵机在左右最大设计转舵角及最大工作压力的负载下往复工作。试验时间: 公称转舵扭矩小于或等于 100kNm 的舵机, 两台动力机组同时工作 12h; 公称转舵扭矩大于 100kNm 的舵机, 总共工作 12h; 新型结构或特殊要求的舵机, 连续运转试验时间为 50h。试验数据每 2h 记录一次。
- ② 连续运转试验如遇非被试舵机的故障停止时, 累计时间应扣除排除故障的时间。
- ③ 连续运转试验结束后, 应重新测试舵机的输出扭矩, 方法与负载试验 (5) 相同。

试验应验证:

- ① 系统温升满足设计要求, 试验后舵机的输出扭矩仍应满足图纸设计要求。
- ② 应无其他异常现象。

(10) 拆检

推荐的方法:

拆检主要受力件、摩擦件及密封件（不包括外购标准液压元器件），检查系统液压油的清洁度。

应验证:

零部件无过渡磨损，液压油清洁度正常，无其他异常现象。

(11) 低液位试验:

推荐的方法:

轮流给舵机油箱放油，观察液位发讯器工作情况。

试验应验证:

- ① 液位发讯器工作时的油箱液位满足批准图纸的设计要求，舵机动力机组在考虑船舶倾斜摇摆工况下应仍能够处于正常工作状态，无其他异常现象。
- ② 在液位发讯器工作临界点处，泵组启动应迅速可靠。

(12) 辅助管路失压试验（适用时）:

推荐的方法:

- ① 启动一台动力机组，对辅助管路系统采用放油或降压等模拟舵机处于失压故障，观察舵机单一故障的报警隔离、转换装置的各发讯器工作情况。
- ② 更换另一台机组，进行上述类似的模拟试验。
- ③ 以上试验反复做三次。

试验应验证:

单项故障的报警输出、（自动或手动）隔离及机组转换的时间、单项故障隔离后的操舵能力等应满足 CCS《钢质海船入级规范》、本指南及批准图纸的设计要求。

(13) 主动力管路失压试验（适用时）

推荐的方法:

- ① 启动一台动力机组,对主动力管路系统采用放油等模拟舵机处于失压故障,观察舵机单一故障的报警、隔离、转换装置的各发讯器工作情况。
- ② 更换另一台机组,进行上述类似的模拟试验。
- ③ 以上试验反复做三次。

试验应验证:

单项故障的报警输出、(自动或手动)隔离及机组转换的时间、单项故障隔离后的操舵能力等应满足 CCS《钢质海船入级规范》、本指南及批准图纸的设计要求。

#### (14) 双机组故障转换试验(适用时)

推荐的方法:

同时启动两台动力机组,轮流给舵机任意一侧主动力管路系统、辅助管路系统采用放油等模拟舵机单一故障,观察舵机单一故障的报警、隔离、转换装置的各发讯器工作情况。以上试验反复做三次。

试验应验证:

单项故障的报警输出、(自动或手动)隔离及机组转换的时间、单项故障隔离后的操舵能力等应满足 CCS《钢质海船入级规范》、本指南及批准图纸的设计要求。

### 10.5 试验条件

10.5.1 试验应在专门设计的试验台上进行。加载装置的负载特性应模拟船舶实际操舵运营情况,推荐按 CB/T3130《液压舵机试验方法》中的要求执行。

#### 10.5.2 试验用油应满足下列要求:

- (1) 油温:测试时油温通常应保持在 40℃~55℃ 范围内,当条件不许可或有特殊要求时,可另行商定,必要时试验所得数据应折算到试验规定的油温条件下的性能值。试验应记录环境温度及被试液压舵机系统油温。
- (2) 粘度:被试液压舵机的试验用油应按制造厂液压舵机使用说明书的规定

使用。试验应记录试验用液压油的牌号。

(3) 测试仪表的要求:

① 直读式仪表: 型式试验时精度应不低于 1 级; 出厂试验时, 精度应不低于 1.6 级, 特殊情况下可接受使用随机仪表。

② 传感器及配用二次仪表应有合格证书, 使用期限和标定证明。

## 11 单件/单批检验

### 11.1 质量保证

11.1.1 制造厂应确保液压舵机的设计、制造、检验和试验满足本社认可样机或型式试验样机的性能特性。

11.1.2 制造厂应保持按本指南要求对产品进行设计、制造、检验、试验和标识的质量控制。不满足本指南要求的液压舵机不允许标打与本社检验要求相关的标志进行销售。

### 11.2 检查

11.2.1 制造厂应向本社现场验船师提供所有必需的适当条件, 以证实提供的材料符合本指南的规定。至少应包括:

- (1) 主要零部件的质量证明文件;
- (2) 工厂检验和试验报告 (检验和试验项目满足 11.3~11.4 条);
- (3) 产品符合性申明或合格证。

11.3 根据 CCS《钢质海船入级规范》第 1 篇第 3 章的要求, 经过 CCS 认可后的试验项目如下:

- (1) 产品组装前的耐压试验;
- (2) 产品组装后的运行试验。除非本指南第 11.5 条《检验计划》规定外, 试验项目及要求通常应包括本指南第 10.4 条中的第(1)至第(7)项及第(11)至第(14)项试验, 其中负载试验加载可仅进行 50%及 100%的最大工作压力工况。

11.4 液压舵机制造厂还应确保完成如下检验项目:

- (1) 制造厂选定的及对外明示的产品设计标准规定的出厂检验和试验项目；
- (2) 订货技术合同所增加的特别试验项目（如适用）。

11.5 制造厂应对每台拟申报检验的液压舵机按上述检验和试验项目进行检验和试验，合格后再申报本社检验。如制造厂或产品经过本社认可，则本社验船师到现场抽样的比例和具体抽样检查和试验的项目按本社随认可证书同时签发的《检验计划》执行。

11.6 本社验船师到现场抽样的比例对型式认可产品通常为 10%，且不少于 1 台；对未认可及仅设计认可的产品，当公称转舵扭矩小于 63kNm 的为 20%，当公称转舵扭矩大于等于 63kNm 的为 50%，且不少于 1 台；具体抽样比例可根据制造厂的品质保证体系情况进行上下浮动调整。

11.7 液压舵机装船后应按 CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇第 13.1.12.4 条要求进行必要的机电联调试验及效用试验等，符合本社相关规范要求和预定的用途要求。