

指南编号/Guideline No.H-02(201510)



## H-02 液压缸

生效日期/Issued date:2015 年 10 月 20 日

©中国船级社 China Classification Society

## 前言

本指南是 CCS 规范的组成部分，规定船舶入级产品，授权法定产品检验适用技术要求，检验和试验要求。

本指南由 CCS 编写和更新，通过网页 <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 [ps@ccs.org.cn](mailto:ps@ccs.org.cn)

历史发布版本及发布时间

本版本主要修改内容及生效时间：

## 目 录

1	适用范围.....	4
2	规范性引用文件.....	4
3	术语和定义.....	5
4	图纸资料.....	6
5	原材料及零部件.....	8
6	制造工艺控制.....	8
7	设计技术要求.....	9
8	典型样品选取.....	19
9	型式试验.....	20
10	单件/单批检验.....	22

## 液压缸

### 1 适用范围

1.1 除本社规范另有规定外，本指南适用于拟配套安装于 CCS 入级船舶的重要设备用液压系统及液压装置上、以液压油或性能相当的其他矿物油为工作介质的液压缸，主要适用于液压舵机用液压缸、救生降放装置液压缸及起重设备变幅用液压缸等，对其他设备使用的液压缸也可参照使用。

1.2 本指南仅涉及液压缸的设计强度及材料适应预定用途的常规选择及要求。对具体与液压装置配用的适用性及符合性等由液压缸设计方及采购方负责，这与包括液压缸设计参数的选择合理性及结构尺寸选择的正确性等相关。

1.3 本指南提及的液压缸主要包括：

- (1) 活塞式液压缸；
- (2) 柱塞式液压缸；
- (3) 转叶式液压缸。

1.4 与液压缸配用的阀件及电气控制装置（例如隔离阀、平衡阀、伺服阀、比例阀、行程检测及反馈装置、步进电机等）的要求应满足本社规范及对应产品检验指南的相关要求（包括船用环境条件试验要求等）。

### 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) CCS 《钢质内河船舶建造规范》
- (3) CCS 《材料与焊接规范》
- (4) CCS 《船舶与海上设施起重设备规范》

(5) 《1974 年国际海上人命安全公约》及其修正案（以下简称 SOLAS）

(6) 《国际救生设备规则》（LSA）及其修正案

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 术语和定义

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 本指南增加如下定义：

(1) 公称压力 nominal pressure

液压缸工作压力的名义值，通常被等同认定为本社规范中要求的“设计压力”或“最大许可工作压力”。即在规定的条件下连续运行，并能保证设计寿命的工作压力。

(2) 最低起动压力 breakaway pressure

使液压缸起动的最低压力。

(3) 理论输出力 theoretical force

作用在活塞或柱塞有效面积上的力，即油液压力和活塞、柱塞或动叶有效面积的乘积。

(4) 实际输出力 actual force

液压缸实际输出的推（或拉）力。

(5) 负载效率 load efficiency

液压缸的实际输出力和理论输出力的百分比。

## 4 图纸资料

4.1 申请方在首次申请液压缸产品认可及单件/单批产品图纸审查时应向 CCS 提交符合本指南设计要求的如下图纸及其技术文件进行审查：

(1) 液压缸总装配图，通常需表述清楚：

① 主要结构型式及尺寸；通常应表述清楚活塞/活塞杆/柱塞直径，液压缸缸体内径、外径，液压缸行程，转叶式液压缸转角，安装尺寸，密封件的设置，内部机械锁定机构，缓冲装置及防油管爆破装置（如适用，必要时需提供原理图）等；

② 主要零部件材料规格牌号（含参照标准），包括主要受力螺栓规格型号及强度等级；

③ 制造及检验的相关技术要求，应明确产品适用的技术标准、规范或设计依据；

④ 液压缸主要技术参数，包括设计压力（公称压力）（MPa）、设计温度范围（须满足最低及最高使用环境温度的要求）、推荐的适用工作介质（液压油）型号、产品的预定用途、安装特殊要求等；

⑤ 液压缸的理论或实际输出推/拉力——行程负载特性（如适用）；

⑥ 使用的特殊要求（如适用），例如是否存在偏载、侧向力，是否需要承受额外的支撑力或拉力等。

(2) 下述零部件图（如适用）：

① 活塞式液压缸：缸体、缸头、活塞及活塞杆、耳环、卡键、液压缸底座等；

② 柱塞式液压缸：缸体、柱塞、柱塞销、液压缸底座等；

③ 转叶式液压缸：缸体、缸盖、静叶、动叶及转子等；

④ 其他图纸，如对带滑轮的顶推液压缸，还应包括滑轮及销轴等，对内部带定位锁紧装置的液压缸或数字式液压缸等视需要还应包括本社认为

必要的图纸。

缸体及活塞杆等如采用焊接加工工艺，则应表述清楚各焊接节点结构图、无损检测要求等。

(3) 制造厂产品认可型式试验大纲（如适用），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（如适用）；
- ③ 检测仪表的要求（如适用）；
- ④ 试验的环境条件要求（如适用）；
- ⑤ 试验用介质（油）的要求（如适用）；
- ⑥ 试验加载设备的要求（如适用）等。

(4) 计算书，通常需包括：

- ① 缸体强度；
- ② 液压缸压杆稳定校核；（如适用）
- ③ 螺纹联接强度计算；
- ④ 焊接强度计算；
- ⑤ 卡键联接强度计算。

(5) 产品使用说明书（视需要），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 产品主要技术参数（含推荐使用的工作介质）；
- ③ 产品安装和维护保养要求；
- ④ 必要的安全警示；

⑤ 故障的应急处理。

(6) 主要零件材料理化性能数据表（如采用非标或非中国标准材料）。

4.2 制造厂首次申请产品认可和检验时，对产品主要制造工艺（铸造、锻造、焊接、热处理、无损检测、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。

## 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了控制。

5.2 液压缸的组成，通常包括如下原材料及零部件：

(1) 活塞式液压缸：通常包括缸体、活塞、活塞杆、耳环、卡键、重要密封件、底座（如适用）；

(2) 柱塞式液压缸：通常包括缸体、柱塞、重要密封件、柱塞销及底座（如适用）；

(3) 转叶式液压缸：通常包括缸体、缸盖、静叶、重要密封件、动叶及定子。

5.2 除 CCS 规范明确要求外，液压缸中配用的外购缸体或其材料等通常应持有 CCS 船用产品检验证书或经 CCS 检验，其他外购重要零部件或其材料应持有制造厂质保书或等效证书。

5.3 对拟用于防爆要求区域的液压缸，其配用的电磁阀、行程检测装置等电气元器件/装置应提供防爆证书及产品合格证。

## 6 制造工艺控制

6.1 液压缸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) 液压缸缸体与端盖、缸体与铰轴、缸体与耳环以及活塞杆与耳环

等重要结构的焊接；

(2) 直接传递液压缸输出力的零部件：如柱塞、活塞杆、耳环、转叶式液压缸的动叶及转子等。

## 7 设计技术要求

### 7.1 尺寸

(1) 柱塞式液压缸的柱塞直径、活塞式液压缸的活塞杆直径、缸体内径及其与活塞杆直径的面积比等应优先考虑满足相关标准尺寸系列的要求。

(2) 设计方应确保液压缸进出油口尺寸满足不小于液压缸公称压力等级的标准油口法兰及管接头的安装尺寸要求。

(3) 设计方应确保液压缸的行程或转角、安装尺寸、进出油口型式、油口位置及方向、缓冲器的设置等满足订货方的要求或设计图纸要求。

### 7.2 外观质量及加工质量

制造厂应确保零部件外观质量及加工质量满足图纸及相关标准的要求。

### 7.3 材料

(1) 液压缸中与工作介质（如液压油等）接触的所有部件，应由不受浸蚀、与工作介质不起化学作用的材料制造。

(2) 设计方推荐液压缸使用的工作介质（液压油等）应有良好的化学稳定性和粘温性能，满足预定环境使用要求。

(3) 除另有规定外，液压缸中起主要作用的部件（如缸体、柱塞、活塞、活塞杆、动叶/静叶、转子、耳环、铰轴等）一般应采用钢质或其他韧性金属材料制造，符合国内或国际正式出版的材料标准要求，通常最终成品部件的材料伸长率应不小于 12%，在下述温度条件下材料的夏比 V 型缺口冲击试验 1 组 3 个试样的平均冲击功应不小于 27J。材料的检验和试验应满足 CCS《材料与焊接规范》中对应材料

种类的要求或本社认可的标准要求。冷拔管应考虑消除应力后再给予使用。

① 除另有规定外，拟用于船舶甲板上的液压缸，其材料的夏比 V 型缺口冲击试验温度为 $-20^{\circ}\text{C}$ ；35 号及 45 号（GB/T699）优质碳素结构钢通常不适用于作为设计温度低于 $-19^{\circ}\text{C}$ 的液压缸的焊接结构件。

② 除另有规定外，拟用于船舶围闭舱室内的液压缸，材料的夏比 V 型缺口冲击试验温度为常温（ $20^{\circ}\text{C}$ ）；

③ 当液压缸设计温度低于 $-25^{\circ}\text{C}$ ，则材料标准的夏比 V 型缺口冲击试验温度为液压缸最低设计温度。

(4) 除非经本社特别批准，柱塞、活塞杆、销轴不允许采用铸造材料，如液压缸配用铰轴，其铰轴应采用整体锻造，对小型铰轴，可采用轧制板材。

(5) 液压缸缸体用成型钢管通常应满足 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 4 章第 2 节的有关要求或本社认可的标准要求。制造厂对从非本社工厂认可的材料制造厂采购的每个炉批号管材进厂后均应进行材料的理化性能抽样复验，必要时本社验船师将参加材料的复验。

(6) 对属于起重活动零部件的销轴等其材料的选择还应满足 CCS《船舶与海上设施起重设备规范》的要求。

(7) 液压缸材料及产品防护/防腐措施的选择应考虑与预定使用及储存环境相适应。例如考虑盐雾腐蚀的问题等，与密封件组成活动密封面的镀铬层其厚度、硬度及镀铬工艺等应满足相关标准要求。

#### 7.4 结构设计

(1) 设计方对液压缸的结构设计应充分考虑其工作的安全性、可靠性及对环境适应性（例如包括使用环境条件、倾斜摇摆、冲击、振动等）。视其预定用途不同，满足本社规范对预定配用的相关液压系统及液压装置的特殊使用要求，同时满足 CCS《液压动力装置检验指南》的适用要求。

(2) 对端部为单耳环设置型式的液压缸，通常应采用向心关节轴承（球铰），除非设计方提供充分的证据以证明采用非向心关节轴承也

能够满足预定的用途，这需要包括液压缸在设备上的安装情况、支撑情况、受力情况及对柱塞或活塞杆产生的附加弯矩的影响等。

(3) 除 7.4(2)条所述设置向心关节轴承的情况外，耳环销轴孔应设置轴套。活塞及活塞杆或柱塞的导向套、轴承、轴套等通常应采用金属材料制造，但除轴承外，导向套（环）及轴套材料通常不得使用普通灰铸铁及球墨铸铁。对采用非金属材料制造的导向套（环）、轴承、轴套，设计方应提供足够的证据以证明其技术是成熟的，材料性能是稳定可控的，并能够满足其预定的用途。例如材料的许用比压值、抗老化性能、温度线膨胀系数等。

(4) 所有轴承、轴套应设置有效的润滑装置，除非采用标准的或技术成熟的自润滑轴承材料，但设计方应提供足够的证据以证明其技术是成熟的，材料性能是稳定可控的，能够满足其预定的用途。

(5) 设计方应考虑液压缸在实际使用中活塞杆耳环受力所产生的弯矩的影响，同时需要特别关注活塞杆与耳环连接方式的工作可靠性。

(6) 对带有滑轮的液压缸，设计方应提供绳子进出受力方向，并提供相应的计算校核，以证明液压缸的强度能够满足预定用途。滑轮的结构型式、材料及尺寸应满足 CCS《船舶与海上设施起重设备规范》对起重零部件滑轮的要求。

(7) 设计方应保证对螺纹连接的零部件有防止其松脱的可靠措施，这包括活塞杆与活塞的螺纹连接及活塞杆与耳环的螺纹连接等。

(8) 设计方在部件设计时应考虑便于对密封件和密封装置的检修和更换，优先选用符合标准的密封件。

(9) 制造厂应确保密封件（含支承环）的材料耐工作介质及预定环境介质的腐蚀，具有良好的耐老化性能和密封性能，在液压缸设计温度及压力范围内能够可靠工作，满足预定用途。必要时制造厂应提供密封件及其材料的检验或试验报告。

(10) 对起重变幅液压缸、舱口盖及电梯用液压缸等需要支撑负载的举重液压缸，对油液泄漏会造成重物下降的油腔，其动密封宜采用橡胶夹织物 V 型密封圈或具有类似性能的密封件。

(11) 液压舵机用液压缸的密封件设置应满足 CCS《液压舵机检验指

南》的适用要求。

(12) 设计方应确保密封件（含支承环）设置方式和设置位置、沟槽型式、尺寸、表面粗糙度等满足标准要求或密封件厂家推荐的要求。

(13) 液压缸通常应设有放气装置。

(14) 设计方应确保部件的结构设计尽量减少局部应力集中。

(15) 承压油口法兰螺栓数量应不少于 4 个，缸盖螺栓数量通常不少于 6 个，螺纹拧入深度通常应不小于螺栓直径。

(16) 液压缸耳环尺寸通常应至少取：

耳环厚度：1.2~1.4 倍销轴轴孔直径，（低压取小值，高压取大值）；

耳环外缘半径 R（球面半径 SR）：对采用向心关节轴承：1.4 倍销轴轴孔直径；采用轴套：1.2 倍销轴轴孔直径。

(17) 设计方需关注采用缓冲装置的液压缸在活塞/柱塞进入缓冲区后产生的超调压力对液压缸相关零部件产生的影响，尽量减小压力冲击。

(18) 油口法兰座块或螺纹管接头座块与缸体焊接面的加工应与缸体外形吻合。

## 7.5 焊接

(1) 焊接材料通常应满足 CCS《材料与焊接规范》第 3 篇第 2 章的要求或本社认可的标准要求。

(2) 主要受力结构件的焊缝熔敷金属强度应不低于母材的强度指标。

(3) 除非另有规定，液压缸中所有承压部件的焊接接头应为全焊透型，传递机械负荷部件的焊接接头应至少为等强度型。焊接详图（含坡口型式、焊接材料等）、施焊及热处理工艺等应经本社认可。

(4) 除非本社另有规定，液压缸中所有承压部件的焊接及焊接坡口型式等应满足 CCS《材料与焊接规范》第 3 篇第 7 章的要求或本社认可的标准要求。

## 7.6 无损检测

- (1) 液压缸缸体焊缝、耳环与缸体端盖的焊接等主要受力焊缝均应进行全面的无损检测，焊接质量应满足本社接受的标准要求。
- (2) 除本社另有规定外，铸造缸体、耳环、缸底、缸盖、动叶、静叶、转子等主要承压及受力部分应进行 100% 的无损检测，采用的无损检测方法及其合格判定质量应满足本社接受的标准要求。
- (3) 本指南 7.3(4)条所述铰轴应经 100% 超声波探伤检查，质量满足本社接受的标准要求。

## 7.7 性能要求与试验方法

- (1) 空载运行：液压缸在（排除空气后）空载状态下至少满行程运行 3 次，在限位端部需停留 10s，液压缸应能平稳运行，无异常振动及爬行等现象，在柱塞或活塞杆上无成油环状痕迹，液压缸行程（或转叶式液压缸的转角）及液压缸安装尺寸满足图纸设计要求。对端部带缓冲装置的液压缸应增加试验运行次数，按照液压缸设计最大许可速度运行，在活塞运行到带有缓冲装置的端部时，缓冲效果应达到设计要求。
- (2) 最低起动压力：无负载时液压缸的最低起动压力（液压缸进出油口压力差）应满足图纸设计或标准要求。
- (3) 最低稳定运行速度：在液压缸耐压试验合格后，控制液压缸回油背压小于 0.5MPa，在无负载工况下液压缸以图纸设计或标准要求的最低稳定运行速度下至少满行程运行 2 次，应无爬行等异常现象。
- (4) 耐压试验：

除另有明确规定外，装配完成的所有液压缸在油漆前应进行液压试验。其试验压力应为 1.5 倍公称压力，在试验压力下，缸体应力按其有效厚度计算应不超过试验温度下 90% 的缸体材料屈服强度。

试验方法：将被试液压缸活塞/叶片分别停留在 2 个极端位置（单作用柱塞液压缸处于行程极限位置），分别向工作腔输入液压试验所需压力，压力维持时间 5min，所有零件不应有破坏或永久性变形现象，密封垫及焊缝处不应有渗漏。

(5) 密性试验及内泄漏量：除本社另有明确规定外，组装完成的液压缸应在试验压力为 1.25 倍公称压力下进行密性试验，试验方法参见耐压试验，零部件结合面处应无外漏。在液压缸公称压力下测量缸筒与活塞/转叶之间、动叶叶片之间的内泄漏量，其应满足图纸设计或标准要求。

(6) 外渗漏：在液压缸空载运行、高低温、耐压试验、密性试验、耐久性试验的同时，液压缸在活塞杆、柱塞或转子运行过程中的渗漏量应满足图纸设计或标准要求。

(7) 负载效率：除另有规定外，对选为原型设计的液压缸应进行负载效率试验。将拉压力检测仪安装在液压缸活塞杆/柱塞上（扭矩测量仪安装在转子上或采用等效的方法），保持被试液压缸匀速运行，在不同的工作压力下检测液压缸的负载效率，应满足图纸设计或标准要求。

(8) 高温和低温试验：除另有规定外，对选为原型设计的液压缸应分别进行高温和低温试验。当液压缸的进油口液压油温度分别为  $90^{\circ}\text{C}$  或最高设计温度两者取大值和  $-15^{\circ}\text{C}$  或最低设计温度两者取最低值，液压缸在高温条件下运行 1h 内能够持续工作，各结合面应无外漏，在低温条件下运行 10min 内能够正常运行，无卡滞、振动或爬行等异常现象。

高温试验方法：在环境温度为  $65^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  时，将试验工作介质的温度保持在  $90^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，液压缸以  $100\text{mm/s} \sim 120\text{mm/s}$  的速度全行程连续往复 1h。

低温试验方法：在环境温度为  $-25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  时或液压缸最低设计温度（取低值），保温 0.5h，然后供入温度为  $-15^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  的工作介质，液压缸以  $100\text{mm/s} \sim 120\text{mm/s}$  的速度（转叶式液压缸图纸设计的转速）全行程连续往复 10min。

(9) 耐久性：除另有规定要求外，原型设计的液压缸的耐久性性能应满足图纸设计或标准要求。试验应在公称压力下，使被试液压缸以最高设计速度按规定的次数连续运行，每一次连续运行时间不小于 8h。试验期间，被试液压缸的零部件均不应进行调整。

(10) 其他特殊设计液压缸的附加试验项目：对带内部自锁定功能液压缸及数字液压缸的型式试验项目和要求将视其具体产品设计结构

另行商定。

(11) 拆检：应对型式试验后的液压缸进行拆检，液压缸相关零部件应无明显磨损或刮伤等异常现象。制造厂应确保试验用介质清洁，保证试验后的液压缸内部清洁度指标满足本社接受的标准要求或订货方的要求。

## 7.8 标志

(1) 液压缸通常应设置永久性铭牌。铭牌应采用不锈钢或黄铜等耐腐蚀材料制作。

(2) 铭牌应至少刻蚀或标打如下内容：

① 产品名称；

② 型号；

③ 主要技术参数，例如公称压力、行程（转叶式液压缸内部机械限位转角）、柱塞式液压缸的柱塞直径或活塞式液压缸的缸体内径及活塞杆直径等；

④ 制造厂名称或注册商标；

⑤ 液压缸出厂产品编号；

⑥ 产品出厂或制造日期。

(3) 在液压缸本体（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 7.8(2)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。

## 7.9 强度要求

(1) 许用应力

① 为确定零部件尺寸，其许用应力除本指南要求外应不超过 CCS《液压动力装置检验指南》第 8.1 条的要求。其中安全系数 A、B 值

应满足：

(a) CCS 相关规范有要求时，按对应要求选择；

(b) 液压缸承压缸体（含缸体法兰和端盖螺栓及内部承压的柱塞/活塞杆壁厚等）的安全系数 A、B 值通常不应小于如下值：

安全系数 A 或 B

表 7.9 (1)

安全系数	(锻或轧制) 钢	铸钢	球墨铸铁
A	3.5	4	5
B	1.7	2	3

(c) 对液压缸活塞杆/柱塞、耳环、静叶、动叶、转子、铰轴等结构件强度的安全系数 A、B 值通常不应小于如下值：

非铸造金属材料：A 取 4.5；

铸造金属材料：A 取 6；

(d) 对于普通船舶用液压舵机的液压缸，其承压缸体（含缸体法兰和端盖螺栓及内部承压的柱塞/活塞杆壁厚等）的安全系数 A、B 值应满足本指南表 7.1 的要求；对于需要满足 CCS《钢质海船入级规范》附加要求的重要船舶用液压舵机单套配置的液压缸，其承压缸体（含缸体法兰和端盖螺栓及内部承压的柱塞/活塞杆壁厚等）的安全系数 A、B 值应满足本指南表 7.9 (2) 的要求：

安全系数 A 或 B

表 7.9 (2)

安全系数	(锻或轧制) 钢	铸钢	球墨铸铁
A	4	4.6	5.8
B	2	2.3	3.5

(e) 对于液压舵机用液压缸，其活塞/柱塞、耳环、动叶、静叶、转子、销轴等结构件强度的许用应力为：

对于海洋船舶液压舵机用液压缸：按 CCS《液压舵机检验指南》7.1

(1) 第 3 项等有关要求执行；

对于内河船舶液压舵机用液压缸：一般应不超过其材料屈服强度的 40%。

(f) 对救生降放装置用液压缸（含固定零部件），其安全系数 A 不小于 4.5，销轴等活动零部件，其安全系数 A 不小于 6。

(g) 对属于起重活动零部件的销轴等其安全系数或许用应力的选择还应满足 CCS《船舶与海上设施起重设备规范》的要求。（如适用）

② 对结构形状复杂的液压缸，在需要按有限元进行强度校核时，其安全系数或许用应力的选取可参见有关标准或公开出版的设计手册。为验证计算校核的可信性，在本社认为必要时可要求对符合相似理论要求的缩小模型进行爆破试验。最小爆破压力  $P_b$  按如下要求计算：

$$P_b = P A (R_{ma}/R_m) \quad \text{MPa}$$

式中： $P_b$  —— 最小爆破压力，MPa；

$P$  —— 液压缸公称压力（设计压力），MPa；

$A$  —— 按本指南 7.9(1) 条选取；

$R_{ma}$  —— 缸体材料实际抗拉强度，N/mm<sup>2</sup>；

$R_m$  —— 在环境温度下缸体材料的理论最小抗拉强度，N/mm<sup>2</sup>；

(2) 对液压缸及其零部件的强度除 CCS 相关规范已经明确要求的计算外，下述液压缸及其零部件的强度产品设计方应给予校核合格（如适用）：

① 液压缸承压缸体（含内部承压的柱塞/活塞杆等）：

(a) 缸体最小壁厚：参照 CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇第 6 章附录 1 第 1.1 条，其中许用应力选取参见本指南第 7.9(1) 条，对除液压舵机用液压缸外，附加的腐蚀裕量可取 0.3mm；

(b) 缸体端盖最小壁厚：参照 CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇第 6

章附录 1 第 8 条，其中许用应力选取参见 CCS《液压动力装置检验指南》第 8.1 条；

(c) 缸体与缸盖连接强度校核，通常包括螺纹或卡键连接时的键槽强度；

② 活塞杆/柱塞强度，例如活塞杆/柱塞的抗拉/抗压强度校核及活塞杆两端螺纹或退刀槽处强度校核；

③ 缸盖、端盖及法兰连接螺栓，例如法兰盖螺栓或螺杆强度；

④ 静叶强度，例如抗弯及静叶与缸体连接的结构强度；

⑤ 动叶强度，例如抗弯强度；

⑥ 转子（轴）强度，例如抗扭强度、键槽强度校核等；

⑦ 耳环强度；

⑧ 销轴、铰轴强度，例如抗弯、抗剪强度校核；

⑨ 液压缸压杆稳定校核（当活塞杆直径与活塞杆计算长之比大于 10 时）；

⑩ 其他涉及液压缸工作安全及可靠性的计算校核，如带内部自锁定部分的强度等（如适用），视需要可能还包括液压缸承受侧向负载时的能力、轴承轴套的抗挤压强度、底座强度等。

(3) 对法兰螺栓强度的校核按 CCS《液压动力装置检验指南》第 8.2 条的要求进行。

(4) 零部件的常规应力校核按 CCS《液压舵机检验指南》第 8.4 条的要求进行或公开出版的设计手册进行。

(5) 受倾覆力矩的底座其固定螺栓组强度的校核按 CCS《液压舵机检验指南》第 8.6 条的要求进行或公开出版的设计手册进行。

(6) 对主要受力结构件采用螺纹加焊接的连接方式时，强度应按焊接焊缝进行校核验收，除非焊接仅是为了防松脱目的，此时应校核螺纹强度。

(7) 对焊缝进行强度校核时，焊缝强度系数按 CCS《钢质海船入级规范》第 3 篇表 6.2.6.1 选择。

(8) 液压缸的压杆稳定校核按 CCS《液压舵机检验指南》第 8.7 条的要求或公开出版的设计手册进行，其中安全系数  $n_k$  取 4，对采用精细计算（可参照 ISO/TS 13725 技术标准）时安全系数  $n_k$  取值可小于 4，但不得小于 3。

(9) 如液压缸出厂前安装了液压管路，其壁厚校核应按 CCS《液压动力装置检验指南》第 7.3.4 条的要求进行。

## 8 典型样品选取

8.1 进行型式试验的原型设计样机抽取原则：

(1) 每种系列的液压缸产品应抽取其中 1 台最具代表性的产品作为原型设计样机；其具有负载工况最恶劣，包括压杆稳定性条件最差、缸体及其主要受力零部件安全系数裕量最小等特征；

(2) 相同“系列”是指缸体及其零部件结构型式、材料选择、密封结构型式及材质、液压缸安装型式、导向套/轴套型式及材质、预定用途等基本相同；

(3) 原型设计样机可采用符合相似理论要求的缩小模型，需要满足在液压缸的强度计算时边界条件相似，液压缸具有相似的受力条件、相似的结构及最小的安全系数裕量等；（压力等级按高级别）

如制造厂仅申请单一规格的产品进行认可或首次检验时，则可任意抽取 1 台进行型式试验。

8.2 认可后液压缸产品的检验和试验视情况可逐台或采用组合抽样等方式进行单件/单批检验，具体可按本社签发的《检验计划》执行。

8.3 未经过本社工厂认可或型式认可的液压缸产品视情况可逐台或采用组合抽样等方式进行。

## 9 型式试验

9.1 在进行试验前，下列设备（如适用）应适当校准：

- (1) 压力表或压力传感器；
- (2) 拉压力检测仪或扭矩检测仪；
- (3) 电子检测或记录装置。

检测仪表精度等级满足本社接受的标准要求，检测仪表量程与被测参数相适应。

9.2 样品应进行如下检验：

- (1) 外观检查：应符合本指南第 7.1、7.2 及 7.8 条要求；
- (2) 材料检查：应符合本指南第 5 及 7.3 条要求；
- (3) 结构设计检查：应符合本指南第 7.4 条要求；
- (4) 焊接及热处理工艺加工检查：应符合本指南第 6 及 7.5 条要求；
- (5) 无损检测：应符合本指南第 7.6 条要求。

9.3 型式试验应符合本指南第 7.7 条要求，项目通常包括：

- (1) 空载运行，应符合本指南第 7.7(1)条要求；
- (2) 最低起动压力，应符合本指南第 7.7(2)条要求；
- (3) 最低稳定速度，应符合本指南第 7.7(3)条要求；
- (4) 耐压试验，应符合本指南第 7.7(4)条要求；
- (5) 密性试验及内泄漏检查，应符合本指南第 7.7(5)条要求；
- (6) 外泄漏检查，应符合本指南第 7.7(6)条要求；
- (7) 液压缸负载效率，应符合本指南第 7.7(7)条要求；

其主要是针对：

- ① 液压缸型式认可样机的要求；
  - ② 对液压缸负载效率及输出力有明确要求的液压缸。
- (8) 高低温试验，应符合本指南第 7.7(8)条要求；

其主要是针对：

- ① 液压缸型式认可样机的要求；
  - ② 对液压缸动配合零部件首次采用不同材料组成，且含有非金属材料（如尼龙衬套、支承环等）；
  - ③ 使用了新型材料及结构的动密封件。
- (9) 耐久性试验，应符合本指南第 7.7(9)条要求；

其主要针对：

- ① 液压缸型式认可样机的要求；
- ② 新型结构型式及恶劣载荷工况的液压缸。

对于未认可的单件/单批产品检验可视具体情况（如预定用途等）按图纸设计及订货方要求验收，也可考虑采用与系统总成配套后进行相关试验验证的方式。

(10) 其他特殊设计液压缸的附加试验项目（如适用）；应符合本指南第 7.7(10)条要求；

(11) 拆检；应符合本指南第 7.7(11)条要求。

9.4 试验用液压油的粘度应尽可能与推荐用户使用的液压油粘度相同，试验应记录试验用液压油的牌号、油温等数据。

## 10 单件/单批检验

### 10.1 质量保证

- (1) 制造厂应确保液压缸的设计、制造、检验和试验满足本社认可样品性能特性。
- (2) 制造厂应保持按本指南要求进行设计、制造、检验、试验和标志的液压缸质量，确保并承诺满足本指南要求。不满足本指南要求的液压缸不允许标打与本社检验要求相关的标志进行宣传与销售。

### 10.2 检查

- (1) 制造厂应向本社现场验船师提供所有必需的适当条件和资料，以证实提供的材料符合本指南的规定。通常包括：
  - ① 主要件的材质证明文件；
  - ② 密封件资料（如适用）；
  - ③ 经过本社审查批准的图纸及图纸批准通知书；
  - ④ 工厂检验和试验报告（检验和试验项目通常包括 10.3～10.4 条）；
  - ⑤ 产品符合性申明或合格证。（内容参见本指南第 10.1 条）

10.3 除本社另有特别规定外，液压缸的单件/单批检验和试验项目通常应包括如下内容：

- (1) 检查项目：
  - ① 外观检查：应符合本指南第 7.1、7.2 及 7.8 条要求；
  - ② 材料检查：应符合本指南第 5 及 7.3 条要求；
  - ③ 结构设计检查：应符合本指南第 7.4 条要求；
  - ④ 焊接及热处理工艺加工检查：应符合本指南第 6 及 7.5 条要求；
  - ⑤ 无损检测：应符合本指南第 7.6 条要求。

(2) 试验项目：

- ① 空载运行；应符合本指南第 7.7(1) 条要求；
- ② 最低起动压力；应符合本指南第 7.7(2) 条要求；
- ③ 最低稳定速度；应符合本指南第 7.7(3) 条要求；
- ④ 耐压试验；应符合本指南第 7.7(4) 条要求；
- ⑤ 密性试验及内泄漏检查；应符合本指南第 7.7(5) 条要求；
- ⑥ 外泄漏检查；应符合本指南第 7.7(6) 条要求；
- ⑦ 其他特殊设计液压缸的附加试验项目（如适用）；应符合本指南第 7.7(10) 条要求。

10.4 制造厂还应确保完成如下的产品检验项目：

- (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）。

10.5 制造厂应对每只拟申报检验的液压缸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。

10.6 液压缸在安装到液压设备上或装船后（如液压缸没有在液压设备制造厂安装总成）应进行必要的负载试验及效用试验，符合本社相关规范要求和预定用途要求。