

指南编号/Guideline No.T-12(202502)



**T-12**

# 天然气/氨压缩机

生效日期/Issued date:2025 年 2 月 1 日

©中国船级社 China Classification Society

## 前言

中国船级社（以下简称“本社”）产品检验指南规定了拟申请本社认可/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。

本指南由本社编写和更新，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：新编

本版本主要修改内容：无

## 目 录

1	适用范围.....	4
2	规范性引用文件.....	4
3	术语及定义.....	4
4	图纸资料.....	5
5	技术要求 .....	6
6	原材料及零部件.....	12
7	型式试验.....	12
8	单件/单批检验.....	14

## 天然气/氨压缩机

### 1 适用范围

1.1 本章适用于天然气/氨运输船和天然气/氨动力船舶用离心式、螺杆式、往复式可燃气体压缩机的产品检验，包括蒸发气（BOG）压缩机、货物压缩机、回气压缩机、燃气压缩机。

1.2 其他船舶类似用途的压缩机也可参考本指南的相关要求。

### 2 规范性引用文件

2.1 中国船级社《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》第3篇第5、6、16章

2.2 中国船级社《船舶应用天然气燃料规范》第3、6、12章

2.3 中国船级社《钢质海船入级规范》及其修改通报第3篇第2章

2.4 本社亦接受其他公认的压缩机标准作为检验依据，但不低于本社规范要求。如：

- (1) API 617 《石油、化工及气体工业用轴流离心压缩机及膨胀机》
- (2) API 618 《石油化工和天然气工业用往复压缩机》
- (3) ISO 13707 《石油及天然气工业用往复压缩机》
- (4) API 619 《石油、化工和气体工业用螺杆压缩机》
- (5) GBT 25357 《石油、石化及天然气工业流程用容积式回转压缩机》  
(ISO10440-1)

### 3 术语及定义

3.1 最高允许工作压力：制造厂已设计该设备（或本术语所涉及的任何零部件）在所规定的最高工作温度下输送所规定的流体的最高连续压力。

3.2 承压机壳：机组所有静止承压零部件的组合，包括所有接管和其他附属零部件。

3.3 稳定性分析：使用复值分析确定阻尼转子/支承系统的自然频率和相应的对数衰减。

3.4 轴端密封：限制工艺气体漏泄至大气的，轴的端部的工艺气体密封。

## 4 图纸资料

4.1 下列图纸资料应提交审查：

- (1) 技术性能规格书或数据表：包括介质、进出口设计压力、进出口工作温度、流量、轴功率、转速范围等；辅助系统参数（动力，密封气体，仪表气源，滑油，冷却水，蒸汽等）；叶轮参数，轴端密封，齿轮箱等；
- (2) 总装配图、剖面图；
- (3) 重要零部件图，承压壳体、曲轴、叶轮、螺杆等；
- (4) 控制、润滑、冷却、气路、密封、安全报警系统图；
- (5) 附带管路、冷却器、分离器、安全阀等，如适用；
- (6) 技术条件及检验大纲；
- (7) 重要部件的材料理化性能规格表、无损探伤及修整技术要求；
- (8) 驱动器及传动机构；
- (9) 活塞、活塞杆、连杆、十字头、气缸、气缸盖及气阀；联轴器、喷嘴、扩压器、弯道、回流器、蜗室；齿轮、滚动轴承、轴端密封等（适用时）。
- (10) 设计计算书，如结构强度计算、扭振计算、振动分析、I级稳定性分析、II级稳定性分析、安全阀计算等（适用时）；

- (11) 质量控制计划，包括检验点和检验方法；
- (12) 本社认可的焊接工艺规程（适用时）；
- (13) 产品说明书；
- (14) 铭牌。
- (15) 其他本社根据具体压缩机认为需要补充的图纸。

4.2 认可图纸/资料应至少包括如下内容：

- (1) 工厂概况：工厂名称、地址、生产历史、生产能力、技术和检验人员、主要产品、隶属关系、产品商标等；
- (2) 申请认可产品明细；
- (3) 主要生产设备清单；
- (4) 主要检测设备清单；
- (5) 申请认可产品的简要生产工艺；
- (6) 质量管理文件或质量体系证书；
- (7) 企业注册登记证明；
- (8) 资质证明和/或生产许可证，如适用；
- (9) 产品质量证明书或合格证样本；
- (10) 质量控制计划，如适用。
- (11) 合格供方清单，如适用。

## 5 技术要求

5.1 压缩机及其附属设备的设计一般可参照公认标准设计。

## 5.2 通用技术要求

5.2.1 压缩机应适合其预期用途,所有设备和机器应确保其在船用环境下的适用性。须考虑的因素包括但不限于:

- (1) 环境因素;
- (2) 船舶振动和加速度;
- (3) 船舶纵摇、垂荡和横摇运动等的影响;
- (4) 气体成分。

5.2.2 压缩机应配备有效和可靠运行所需的附件和仪表,每个压缩机出口管路上应至少安装 1 个就地显示的压力表。

5.2.3 供应气体燃料的压缩机的原动机应能进行调节以维持正的吸入压力,当压缩机吸入压力低于 3.5 kPa 或者低于其他适于液货舱系统的许可压力时,能自动停机。该压缩机进口和出口均应安装切断气体燃料的阀。

5.2.4 燃料准备间内的压缩机启动控制需有连锁,通风系统运行 10min 后压缩机方可启动。

5.2.5 供气系统用压缩机还应布置就地手动紧急切断。

5.2.6 如果压缩机由穿过舱壁或甲板的轴驱动,则舱壁贯穿件应为气密型。应对舱壁轴填料函和轴承进行温度监控。

5.2.7 如有必要,压缩机组应配备气体压力、流量的控制装置。

5.2.8 如果在压缩机进口或级间配置分离器或净化器,则应设置排污口和高液位报警器以防止液体进入压缩机。

5.2.9 控制、安全报警设备应满足船用电气设备环境条件要求。压缩机应提供以下安保措施:

压缩机安保项目

表 5.2.9

报警及停机项	供应气体燃料的压缩机	蒸发气 (BOG) 压缩机
轴承温度高温报警及停机	X	X
滑油压力低报警及停机	X	X
润滑油油位低报警	X	X
排气温度高报警及停机	X	X
进气压力低报警	X	-
排气压力低报警	X	-
排气压力高报警	X	-
压缩机运行故障报警	X	X

注：标记“X”为适用，“-”为不适用。

5.2.10 压缩机所用原材料应根据介质温度选用相应等级的材料，可参考 API617、API618、API619 或本社认可其他公认标准。材料性能应满足本社《材料与焊接规范》或本社认可的国家标准、ISO、ASTM，ANSI，ASME 或 SAE 等标准。用于氨介质的压缩机，要考虑氨的腐蚀性，与氨接触的管路、阀件、附件和其他设备不得使用铜、含铜合金、锌、含锌合金、含镉和含汞等易受氨腐蚀的材料。非金属材料需考虑氨在不同状态下的适用性。

5.2.11 所有重要零部件原材料都应进行材料力学性能及化学成分检测，并按要求进行射线探伤、超声波探伤、磁粉探伤和液体渗透探伤，并应制定详细的探伤技术要求，明确探伤的范围、探伤标准、合格判定标准。磁粉探伤后应消除剩磁。不允许存在裂纹、冷隔等缺陷，对允许的微小缺陷范围应做出限制。允许采用磨、铲、转等机械方法修整缺陷，修整处应有圆角过渡并经修磨。在采用的标准没有明确部件探伤要求时，可参考表 5.2.11。

重要部件的无损检测

表 5.2.11

部件名称	检测方法			
	磁粉/MT	射线/RT	超声波/UT <sup>①</sup>	着色/PT <sup>②</sup>
曲轴	X	-	X	-
连杆	X	-	X	-
十字头销	X	-	X	-
活塞杆	X	-	X	X <sup>④</sup>
大头螺栓	X	-	X	-
活塞杆与十字头连接螺栓	X	-	X	-

续表 5.2.11

铸造的压缩机机壳	X	X <sup>③</sup>	或X <sup>③</sup>	或X
组焊的压缩机机壳	X	X	X	或X
压缩机内机壳	X	X	或X	或X
压缩机机壳对接焊缝	X	X	或X	或X
压缩机机壳角焊缝	X	-	-	或X
级间隔板	X	-	-	或X
轴	X	-	X	或X
叶轮	X	X	或X	或X
轴套、平衡盘	X	-	-	或X
螺杆	X	-	X	或X
齿轮	X	-	X	或X

注：① “或”是射线可替代超声波探伤；

② “或”是指磁粉可替代着色探伤；

③ 适用于铸钢件；

④ 适用于非磁性材料；标记“X”为适用，“-”为不适用。

5.2.12 压缩机部件的焊接、热处理、无损检测等应符合本社规范要求。

5.2.13 承压零部件应进行水压试验及气密性试验，水压试验压力为最高允许工作压力的 1.5 倍，气密性试验压力为最高允许工作压力。

5.2.14 管路及管路附件、压力容器、冷却器应满足本社规范相应篇章要求。应设有氮气吹扫管路接口，以便实现压缩机的惰化。

### 5.3 往复式压缩机技术要求

5.3.1 往复式压缩机每级应装有压力表和安全阀。释放气体应排至压缩机的吸入管路或排放管路。安全阀应设定在不大于最高允许工作压力运行，但不小于表 5.3.1 所列值。

安全阀设定值

表 5.3.1

额定排气压力 (G) (每级)		高于额定排气 (G) 的最小安全阀设定压力余量
bar	psig	
≤10	≤150	1 bar (15 psig)
>10至170	>150至2500	10%
>170至240	>2500至3500	8%
>240至345	>3500至5000	6%
>345	>5000	见脚注a
a 排气表压345 bar (5000 psig) 以上的, 安全阀设定值应由购买双方商定。		

5.3.2 通常, 应提供排气温度过高报警和停机装置。

5.3.3 气缸的最高允许工作压力至少应等于规定的安全阀的设定压力。如果设定压力没有规定, 气缸的最高许用工作压力应超过最大排气表压至少 10% 或 1.7 bar, 取大者。

5.3.4 曲轴强度设计需满足公认设计规范要求。

5.3.5 天然气/氨用的压缩机曲轴箱需采用气密式, 并在间隔室或曲轴箱设置安全阀。

5.3.6 150 kW 以上的压缩机, 曲轴和连杆应锻造。对等于或小于 150 kW 的压缩机, 曲轴可以使用球墨铸铁。

#### 5.4 离心式压缩机技术要求

5.4.1 压缩机应设计为在达到跳闸转速和最高允许工作压力时运行没有危险。

5.4.2 压缩机上如有可调进口导叶; 应有叶片控制系统, 该系统由带有局部位置指示器的阀门定位器和规定的其他部件组成, 叶片的设计应使叶片在失去控制信号时处于倾向于打开状态。

5.4.3 压缩机每一级的进出口介质的温度、压力, 冷却器前后介质的压力以及出口介质温度, 密封气的压力, 滑油的液位、压力、温度, 滤器前后压差, 齿轮箱轴温、高速轴径向振动和轴位移, 舱壁密封温度及密封油压, 电机轴承温度、绕组温度等应有监控报警; 工艺阀门和执行机构要有相应的位置指示。

5.4.4 压缩机的所有低温承压部件用的碳钢和低合金钢，包括喷嘴、法兰、和焊件，应按相应标准的要求做冲击试验。

5.4.5 压缩机的承压件焊接，应该采用全焊透形式。焊接到机壳上的连接件应符合壳体的要求，包括冲击值。

5.4.6 压缩机壳体应是钢制或经 CCS 认可的合金。外壳的最高允许工作压力应至少等于规定的安全阀设定压力。当安全阀设定压力没有规定时，外壳的最高允许工作压力应至少是最大规定排放压力(表压)的 1.25 倍。

5.4.7 压缩机上所有接至机壳的天然气管应采用法兰连接或机加工平面上用柱形(双头)螺栓连接。该接管的设计压力应大于等于最高允许工作压力。

5.4.8 压缩机的高速轴应考虑设置径向振动、轴位移的报警和停车装置。径向振动传感器检测的转子轴传感部位应与轴承轴颈同轴心。传感器安装前要进行校准。

5.4.9 压缩机每个叶轮至少应在最高连续转速 115% 的转速下进行超速试验，时间至少持续 1min。叶轮在进行超速试验后，都应全面地进行磁粉或着色探伤检查。

5.4.10 压缩机的动力学分析应满足公认设计规范的要求。

5.4.11 压缩机的吸入侧应设置 1 个吸入过滤器，以保护压缩机叶轮。

## 5.5 螺杆式压缩机技术要求

5.5.1 压缩机每级压缩后均应设置安全阀，动作应灵敏可靠，级间安全阀的开启压力应不大于该级最高工作压力的 1.2 倍，最后级安全阀的开启压力应不大于额定排气压力的 1.1 倍。

5.5.2 变频电机驱动压缩机的最大连续转速应不小于额定转速的 105%，电机的跳闸转速应不小于最大连续转速的 110%。工频电机驱动压缩机的最大连续转速应等于额定转速。

5.5.3 其他要求可参考“离心式压缩机技术要求”中适用的部分。如 5.4.4~5.4.8, 5.4.10, 5.4.11

## 6 原材料及零部件

6.1 产品原材料及零部件应按照本社现行规范及技术文件相关要求进行了控制

6.2 要求持 CCS 产品证书或进行相关检验的部件有：电机（功率大于 50kW），低温阀门（工作温度 $\leq -55^{\circ}\text{C}$ ），压缩机电气控制箱，用于设计温度 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 天然气管系的管子、锻件、铸件及附件（弯头、三通、短节、异径管等）

6.3 要求持 CCS 认可证书的部件有：与气体控制系统和气体安全系统相关的温度传感器，压力传感器，电机（功率小于 50kW）

6.4 对要求持证的管件、铸锻件，如没有证书可对材料进行复验。

## 7 型式试验

### 7.1 典型样品的选取

认可时，所选样机应覆盖工厂的加工能力、制造水平。试验样机按照申请认可的系列产品的冷却方式及额定排气压力下最大容积流量的原则分别选取。

### 7.2 压缩机型式试验项目见表 7.2

**型式试验项目**

**表 7.2**

试验项目	往复式压缩机	离心式压缩机	螺杆式压缩机
重要零部件原材料力学性能试验	X	X	X
重要零部件无损检测	X	X	X
承压部件压力试验	X	X	X
叶轮超速试验	-	X	-
转子动平衡试验	-	X	X
整机外观检查	X	X	X
整机气体密封试验	X	X	X
安全阀调整试验（如适用）	X	X	X

**续表7.2**

机械运转试验	X	X	X
性能试验	X	X	X

噪声测试	-	X	X
振动测试	-	X	X
低温运行试验	X	X	X
气缸的吸气和排气阀泄漏试验	X	-	-
自动控制及安全报警装置试验（如适用）	X	X	X
拆检	X	X	X

- 备注：① 重要零部件：往复式压缩机是指曲轴、连杆、气缸及气缸盖、十字头、活塞、活塞杆、气阀体、承压部件；离心式压缩机是指壳体、叶轮、轴、入口导流叶片，扩压器叶片，螺杆式压缩机是指转子、机体、吸排气端盖、增速齿轮、同步齿轮。按批准图纸要求进行材料试验及无损探伤检查。
- ② 整机气体密封试验、叶轮超速试验、转子动平衡试验、机械运转试验、性能试验可按照公认标准进行。
- ③ 离心式压缩机性能试验应按照ASME PTC 10-1997、ISO 5389或国家认可的其他标准进行。往复式压缩机性能试验应按照ISO1217或适用的ASME 动力试验规程或国家认可的其他标准进行。
- ④ 拆检范围包括：往复式压缩机检查至少一列气缸的活动零部件，包括缸套、气缸盖、气阀、活塞、活塞杆、轴承等。离心式压缩机检查所有轴承和轴端密封、叶轮及迷宫，齿轮箱等。螺杆式压缩机检查螺杆及齿轮箱。
- ⑤ 噪声测试可参照标准ISO1996或国家认可的其他标准进行。
- ⑥ 振动测试可参照标准ISO10816，ISO20816或国家认可的其他标准进行。
- ⑦ 标记“X”为适用，“-”为不适用。
- ⑧ 工作介质温度低于-55℃的压缩机应做低温运行试验。  
低温运行试验原则上要在最低工作温度，额定转速，额定流量下进行试验。但受到试验台或安全条件的限制，离心式压缩机可按照以下要求进行试验。  
压缩机的进口温度达到最低工作温度，转速为额定转速的20%~40%，最小IGV开度下运行至少30分钟。在运行过程中，压缩机振动、轴温、声音无异常。压缩机在低温停止状态下，IGV驱动灵活无卡阻。低温运行后将压缩机进行拆检，对轮、罩、前迷宫等部件进行检查，同时确认紧固件无松动。

### 7.3 试验项目的确定和减免

初次认可时一般应进行全部试验项目。如满足以下条件，申请方可书面申请减免部分试验项目，本社将根据申请方的生产情况、产品的生产历史及使用记录等予以考虑。

- (1) 申请方能够提供近期（一年内）由公认的技术权威机构出具的相应试验项目的试验报告；

- (2) 申请方能够提供（一年内）由IACS 成员船级社签署的相应试验项目的试验报告；
- (3) 长期使用经验证明安全可靠。

## 8 单件/单批检验

8.1 取得本社认可后，压缩机尚应经CCS 进行单件/单批检验合格后，方可装船使用。验船师对申请检验的产品逐件检验，合格后签发产品证书。

8.2 压缩机单件/单批试验项目见表 8.2

出厂试验项目

表 8.2

试验项目	往复式压缩机	离心式压缩机	螺杆式压缩机
重要零部件证书及材料试验	X	X	X
重要零部件无损检测	X	X	X
承压部件压力试验	X	X	X
叶轮超速试验	-	X	-
转子动平衡试验	-	X	X
整机外观检查	X	X	X
整机气体密封试验	X	X	X
安全阀调整试验（如适用）	X	X	X
机械运转试验	X	X	X
性能试验	X	X	X
低温运行试验 <sup>注1</sup>	X	X	X
气缸的吸气和排气阀泄漏试验	X	-	-
自动控制及安全报警装置试验（如适用）	X	X	X
拆检	X	X	X

注：① 标记“X”为适用，“-”为不适用。

② 有在船上丰富的应用经验，并有成熟可靠的等效方案，可免做低温运行试验。

8.3 检验完成后，制造厂需提交的记录或报告，至少包括：

- (1) 原材料及零部件证书；
- (2) 材料试验、无损探伤报告、压力试验报告、气密试验报告；

- (3) 运行试验记录；
- (4) 功能试验及安全阀调整记录；
- (5) 所使用的试验设备和检测设备清单。