



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 43123—2023/ISO 22547:2021

## 船舶与海上技术 LNG 燃气供应系统 (FGSS) 高压泵性能测试要求

**Ships and marine technology—Performance test procedures for high-pressure  
pumps in LNG fuel gas supply systems (FGSS) for ships**

(ISO 22547:2021, IDT)

2023-09-07 发布

2024-01-01 实施

国家市场监督管理总局 发布  
国家标准化管理委员会

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件等同采用 ISO 22547:2021《船舶与海上技术 LNG 燃气供应系统(FGSS)高压泵性能测试要求》。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国船用机械标准化技术委员会(SAC/TC 137)提出并归口。

本文件起草单位：中国船舶集团有限公司综合技术经济研究院、江苏振华海科装备科技股份有限公司、芜湖造船厂有限公司、上海铠韧气体工程股份有限公司、南通海舟船舶设备有限公司、杭州新亚低温科技有限公司、哈尔滨工程大学、湖南耐普泵业股份有限公司、招商局金陵船舶(江苏)有限公司、中船重工重庆智能装备工程设计有限公司、湖州三井低温设备有限公司、成都安迪生测量有限公司、上海阿波罗机械股份有限公司、舟山市质量技术监督检测研究院、广东海洋大学。

本文件主要起草人：孙猛、袁霄、王祥先、姜杰、郝华东、曾学兵、周一雷、吴利君、曹怀东、黄秋华、刘易、张金玲、范立云、礼博、孙慧、吴灵东、彭智新、黄进、唐浩倬、汪国洪、姚学良、李国荣、龙翔、朱登凯、潘光玉、潘新祥、贾宝柱。

# 船舶与海上技术 LNG 燃气供应系统 (FGSS) 高压泵性能测试要求

## 1 范围

本文件规定了船舶液化天然气(LNG)燃气供应系统(FGSS)中高压泵性能的试验装置、试验程序和附加试验。

本文件适用于对容积式泵(以下简称“泵”)及其辅助装置的机械特性进行评估。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

ISO 1996-1 声学 环境噪声的描述、测量和评定 第1部分:基本量和评定程序(Acoustics—Description, measurement and assessment of environmental noise—Part 1: Basic quantities and assessment procedures)

ISO 10816-6 机械振动 通过测量非旋转部件来评估机器振动 第6部分:额定功率大于100 kW的往复式机器(Mechanical vibration—Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts—Part 6: Reciprocating machines with power ratings above 100 kW)

IGC 规则(国际散装运输液化气体船舶构造和设备规则),国际海事组织[International Code for the Construction and Equipment of Ships carrying Liquefied Gases in Bulk(IGC Code)]

IGF 规则(使用气体或其他低闪点燃料的船舶国际安全规则),国际海事组织[International Code of Safety for Ships using Gases or other Low-flashpoint Fuels(IGF code)]

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**高压 high pressure**

最大工作压力大于1.0 MPa。

### 3.2

**润滑油系统 lubricating oil system; LOS**

向泵曲轴箱供应润滑油的系统。

### 3.3

**密封气体 seal gas**

用于将泵活塞与驱动部件分离并防止结冰的气体。

### 3.4

**试验温度 test temperature**

测试过程中流体的温度,由客户指定。

3.5

**试验压力** test pressure

测试过程中流体的压力,由客户指定。

3.6

**试验流量** test flow rate

测试过程中流体的流量,由客户指定。

3.7

**稳定温度** temperature stabilization

冷却结束时的状态,泵的温度变化在 $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 内。

4 试验装置

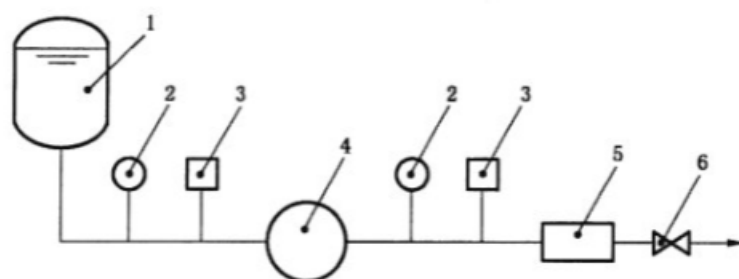
4.1 试验准备

客户在设置试验参数之前,应核查制造商提供的信息,确保试验参数至少符合制造商的要求。

用于性能试验的试验装置应在要求的试验压力、试验温度和试验流量下,向泵和相关装置提供连续不中断的试验流体。

为防止试验期间发生工业事故,应事先审查和检查试验布置和/或设备。

图1和图2给出了典型试验布置的示意图。



标引序号说明:

1——低温储罐;

2——温度计;

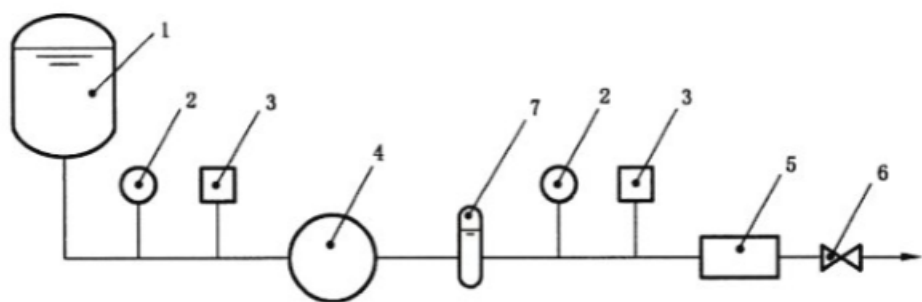
3——压力表;

4——试验泵;

5——流量计;

6——控制阀。

图1 试验布置示意图



- 标引序号说明：
- 1——低温储罐；
  - 2——温度计；
  - 3——压力表；
  - 4——试验泵；
  - 5——流量计；
  - 6——控制阀；
  - 7——缓冲罐。

图 2 试验布置示意图(含缓冲罐)

4.2 试验介质

原则上,应使用 LNG 作为介质来验证泵的性能。

可使用液化天然气以外的介质进行试验,如液氮或比液化天然气液化温度低的其他液体,以作为泵性能的参考,此时的设计温度应与试验介质的温度相对应。

如果使用 LNG 以外的试验介质,则宜基于实际测试结果按照 ISO 6976(或等效标准)规定对结果进行修正。

4.3 试验参数

至少要测量压力、温度和流量试验参数,也可补充测量附录 A 中 A.3 示例报告中列出的其他附加参数。

试验参数应使用经过校准的测量仪器进行测量。

测量传感器应尽可能靠近泵安装。

附录 A 中 A.3 的试验参数应在每个加载步骤中记录两次,每 5 min 记录一次。

4.3.1 总压

泵总压( $H$ )按公式(1)计算:

$$H = H_{\text{dis}} - H_{\text{suc}} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- $H$  ——泵总压,单位为兆帕(MPa);
- $H_{\text{dis}}$  ——排出压力,单位为兆帕(MPa);
- $H_{\text{suc}}$  ——吸入压力,单位为兆帕(MPa)。

4.3.2 总效率

泵的总效率( $\eta$ )按公式(2)计算:

$$\eta = P_w / P \times 100 \dots\dots\dots(2)$$



式中:

$\eta$  ——泵的总效率, %;

$P_w$  ——理论水力功率, 单位为千瓦 (kW);

$P$  ——泵实际输入功率, 单位为千瓦 (kW)。

a) 理论水力功率( $P_w$ )按公式(3)计算:

$$P_w = 2.78 \times 10^{-1} QH \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$P_w$  ——理论水力功率, 补单位为千瓦 (kW);

$Q$  ——排出体积流量, 单位为立方米每小时 (m<sup>3</sup>/h);

$H$  ——泵总压, 单位为兆帕 (MPa)。

b) 泵实际输入功率可通过测量电机的扭矩和转速获得。无论电机和泵之间的动力传输系统如何布置, 电机输出都能作为实际的泵输入。

## 5 试验程序

### 5.1 预冷和启动

泵和试验装置应在试验期间保持低温。试验前应进行初步检查, 具体如下:

- a) 目视检查泵和相关装置;
- b) 目视检查泵润滑油系统和相关装置(如适用);
- c) 目视检查泵的供电情况;
- d) 对通信和数据收集系统进行目视检查;
- e) 目视检查适用于初始运行时泵试验装置阀门的开启/关闭位置。

预冷试验泵后, 如果运行条件符合设定的参数, 包括温度和吸入压力, 则启动泵, 并按照指定的试验程序进行试验。如果泵为客户提供, 调压室(缓冲罐)应包括在试验范围内。

预冷用于制备低温条件下的泵和测试装置。将具有一定流速的低温测试流体从罐供应到测试装置, 以降低测试装置和泵的温度。预冷的目标温度应由客户指定。

高压泵至相关最低工作温度的预冷程序应记录在试验报告中(见附录 A 中试验报告的示例)。

试验泵应在温度稳定后启动, 应调整泵的转速使泵达到试验压力。流量应增加到试验流量, 然后缓慢调节控制阀, 直至达到试验压力, 开始性能测试。

### 5.2 性能测试

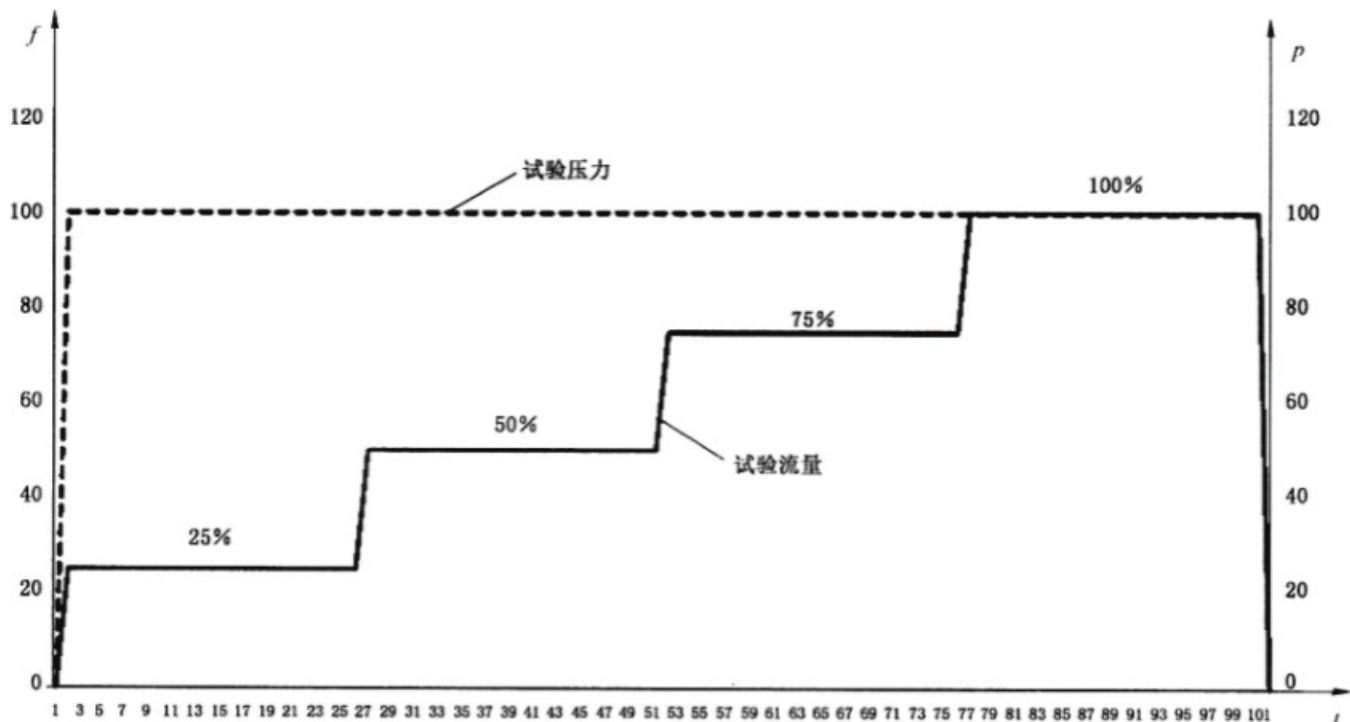
性能测试应按照图 3 所示的加载步骤进行。根据试验过程中每 5 min 记录的数据编制一份试验报告, 见附录 A 中的示例。考虑到消耗的气体特性, 可以采用不同的加载步骤。

注 1: 如果客户同意, 每一步的测试时间可以比以下规定的时间更长。

注 2: 如果客户要求, 可以进行额外的负载阶跃测试(例如, 0%~100%)。

性能测试应按以下步骤进行:

- a) 将泵的排出压力调节到试验压力;
- b) 当达到测试流量的 25% 或最小值时(以较低者为准), 保持 10 min, 记录测量结果;
- c) 将流量提高到测试流量的 50%, 达到测试流量的 50% 后, 保持 10 min, 记录测量结果;
- d) 将流量提高到 75%, 达到测试流量的 75% 后, 保持 10 min, 记录测量结果;
- e) 将流量提高到 100%, 达到测试流量的 100% 后, 保持 10 min, 记录测量结果。



标引符号说明：

$f$  ——测试流量，%；

$p$  ——试验压力，%；

$t$  ——试验时间，单位为分钟(min)。

图 3 加载步骤示例

## 6 附加试验

### 6.1 单元生产试验

单个泵应在制造商的厂房或客户指定的现场进行单元生产试验。

对于已经经过型式试验的泵，单元生产试验项目如下：

- a) IGC 规则和 IGF 规则的要求；
- b) 船级社的要求；
- c) 客户规定的要求，可包括振动、噪声和其他检测；
- d) 船旗国的要求。

强度试验应在 1.5 倍设计压力条件下进行。

安全装置的性能测试也宜同时进行。

试验人员在选择试验方法时，宜考虑气压试验相对于水压试验的风险。

### 6.2 型式试验

每种型号的泵的性能和排量试验宜按照第 5 章的要求进行。型式试验应代表泵的典型预期使用特性。

除非船级社另有规定，第 5 章规定外的附加试验，宜在客户同意的情况下进行。

泵的设计还应符合 IGC 规则和 IGF 规则以及船级社的要求。

针对设计的修改宜进行新的型式试验。但是，对于非主要部件的微小修改，在与客户达成协议

后,可不进行新的型式试验,船级社另有规定的情况除外。

### 6.3 耐久性试验

除性能试验外,也可进行耐久性试验,以验证泵在运行时间和客户指定的不同试验条件的影响下,保持泵的压力和流量的耐久性和稳定性。

### 6.4 试验后检查

试验后,若需要,宜对泵进行全面检查。

### 6.5 振动和噪声

如果需要验证泵的振动和噪声,试验方法应按照 ISO 10816-6 和 ISO 1996-1 的规定。

## 7 试验报告

试验泵的尺寸和类型、制造商名称、序列号、测试号、试验项目、试验介质、试验日期、试验人员姓名、排量、泵规格和特性应在试验报告中明确记录。试验报告的样例格式见附录 A。



附录 A  
(资料性)  
LNG 燃气供应系统高压泵试验报告示例

A.1 泵规格

制造商(项目编号):		日期:	
泵类型:	(示例:往复泵、齿轮泵等)		
试验介质	设计流量 (kg/h 或 m³/h)	最大工作压力 (MPa)	泵转速 (r/min)

注: 如有可能, 可附上泵的设计倾角视图。

A.2 试验条件

试验介质 (名称)					
试验流量 kg/h 或 m³/h	试验压力 MPa	流量试验范围 kg/h 或 m³/h			
		25%或最小流量	50%	75%	100%
缓冲罐 <input type="checkbox"/> 包括 <input type="checkbox"/> 不包括	额定吸入压力 (MPa)	额定吸入温度(℃)			
振动/噪声测试 <input type="checkbox"/> 包括 <input type="checkbox"/> 不包括	增压泵 <input type="checkbox"/> 包括 <input type="checkbox"/> 不包括	预冷温度(℃)			

A.3 试验结果

流量/%		25% 或最小流量		50%		75%		100%	
时间/min		5	10	15	20	25	30	35	40
环境温度/℃									
吸入温度/℃									
排出温度/℃									
吸入压力/MPa									
排出压力/MPa									
排出流量/(kg/h 或 m³/h)									
电机	频率/Hz								
	电压/V								
	电流/A								
	输出功率/kW								
	转速/(r/min)								
泵	转速/(r/min)								
润滑系统	压力/MPa								
	温度/℃								
密封气体温度/℃(若安装)									
理论水力功率/kW									
泵实际输入功率/kW									
总效率/%									

注：对于往复泵，客户可以取消泵的效率测试。

A.4 意见(若有)

在与客户达成一致后可以记录所有意见。

参 考 文 献

- [1] ISO 6976 Natural gas—Calculation of calorific values, density, relative density and Wobbe indices from composition
  - [2] IEC 62446 Grid connected photovoltaic systems—Minimum requirements for system documentation, commissioning tests and inspection
  - [3] ISO 19723-2 Road vehicles-liquefied natural gas(LNG) fuel systems—Part 2: Test methods
  - [4] ISO 24490 Cryogenic vessels—Pumps for cryogenic service
-

# www.bzxz.net

免费标准下载网