

团 体 标 准

T/CSNAME 105—2025



2025 - 07 - 04 发布

2025 - 10 - 02 实施

中国造船工程学会 发布

## 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。

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。

本文件由中国造船工程学会船舶标准化专业委员会提出。

本文件由中国造船工程学会归口。

本文件起草单位：中国船舶科学研究中心、深海技术科学太湖实验室、重庆齿轮箱有限责任公司、重庆大学。

本文件主要起草人：陈垦、杜新光、曹阳、何东、何明轩、石佳、丁晓喜、姜冠男、陈光富、杜伟涛、孙燕杰、陈骅、喻光安、胡江平、阚甜甜、邵康健、沙沐、黄文彬、王利明。



# 深海齿轮传动装置

## 1 范围

本文件规定了深海作业装备用的齿轮传动装置（以下简称齿轮传动装置）的要求、试验方法、检验规则和交货等要求。

本文件适用于深海作业装备用齿轮传动装置的设计、制造和检验。

## 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。

GB/T 150.1 压力容器 第1部分：通用要求

GB/T 1031 产品几何技术规范 表面结构 轮廓法 表面粗糙度参数及其数值

GB/T 1800.1 产品几何技术规范（GPS） 极限与配合 第1部分：公差、偏差和配合的基础

GB/T 3141 工业液体润滑剂 ISO粘度分类

GB/T 3768 声学 声压法测定噪声源声功率级和声能量级 采用反射面上方包络测量面的简易法

GB/T 40073-2021 潜水器金属耐压壳外压强度试验方法

GB/T 13407 潜水器与水下装置术语

BS 1399-1:1970 旋转轴唇形密封件规范 第1部分：轴和壳体的尺寸（Specification for rotary shaft lip seals — Part 1: Dimensions of shafts and housings）

ISO 5668:2023 金属和合金的腐蚀 模拟深海海水环境腐蚀试验指南和要求（Corrosion of metals and alloys-Guidelines and requirements for corrosion testing in simulated enviroment of deep-sea water）

中国船级社. 潜水系统和潜水器入级规范. 2018

## 3 术语和定义

GB/T 150.1、GB/T 13407、ISO 5668:2023和《潜水系统和潜水器入级规范》界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**充油承压设备 oil-filled pressure equipment**

具有空腔、腔体中充满油的承压设备，具有自补偿功能或连接附加油补偿器。

### 3.2

**最大工作压力 maximum working pressure**

深海作业装备在最大工作深度时承受的水压（MPa）。

[来源：GB/T 40073-2021，3.7]

### 3.3

**深海 deep-sea water**

海水深度超过200米的海域。

[来源：ISO 5668:2023，3.1]

## 4 要求

### 4.1 材料

齿轮传动装置可以选择的材料有钛合金、超级双向不锈钢、镍基合金、高强度合成钢、工程陶瓷、工程塑料等，不同部件的材料类型选择可参考表 1。

表1 深海齿轮传动装置不同部件可选材料

齿轮传动装置部件	可选的材料类型
齿轮	钛合金、双向不锈钢、镍基合金、高强度合成钢、工程陶瓷
轴	钛合金、双向不锈钢、镍基合金、高强度合成钢、工程陶瓷
轴承	镍基合金、工程陶瓷、双向不锈钢
箱体	双向不锈钢、工程陶瓷、钛合金
补偿器	工程塑料、不锈钢

4.2 尺寸精度

尺寸精度应满足如下要求：

- a) 齿轮的模数、齿数、齿厚等尺寸必须精确符合设计要求，偏差应控制在极小范围内，尺寸精度等级达到 GB/T 1800.1 规定的 IT4-IT6 等级；
- b) 轴的直径、长度、键槽尺寸等也要严格控制精度，以保证与轴承、齿轮等部件的精确配合，尺寸精度等级要求达到 IT4-IT6 等级；
- c) 轴的圆柱度、圆度要达到高精度标准，以防止轴在运转时产生跳动，尺寸精度等级要求达到 IT4-IT5 等级；
- d) 选用的轴承内外径尺寸精度等级要求在 IT5-IT6 等级；
- e) 齿轮和轴的表面粗糙度应在 GB/T 1031 规定的 Ra0.4 等级以下，以减少摩擦和磨损。

4.3 性能

4.3.1 空载运行

齿轮传动装置在空载运行期间运行平稳、无异响，各动密封及静密封部位不允许有渗油现象，各连接处紧固件不允许出现松动滑脱现象。

4.3.2 负载运行

齿轮传动装置在负载运行期间运行平稳、无异响，各动密封及静密封部位不允许有渗油现象，各连接处紧固件不允许出现松动滑脱现象，齿轮传动装置在各工况下的传动效率应不低于80%。

4.3.3 噪声

齿轮传动装置额定负载运行时空气中声压级噪声值不高于85 dB(A)。

4.3.4 超载运行

齿轮传动装置应具备一定的超载运行能力，超载运行工况为1.25倍额定负载。超载运行情况下各动密封及静密封部位不允许有渗油现象，各连接处紧固件不允许出现松动滑脱现象，运行后齿轮传动装置内部无断齿、齿面拉毛、压痕、咬合、点蚀等现象。

4.3.5 耐久性

齿轮传动装置应具备一定的耐久性，最大额定负载下运行1000 h后，各动密封及静密封部位不允许有渗油现象，各连接处紧固件无松动滑脱现象，齿轮装置内部结构无异常。

4.3.6 堵转保护

齿轮传动装置应具备堵转保护，发生堵转后停机检查，非齿轮部件不应出现损坏，齿轮部件不应出现断齿、齿面拉毛、压痕、咬合、点蚀等现象。

4.3.7 耐压性和密封性

齿轮传动装置应具备一定的耐压性，在设计最大工作压力和最大下潜速度下，齿轮传动装置壳体在1.25倍最大工作压力下的最大变形量应小于0.5%的齿轮箱外圆直径，所有部件不应出现损坏，各连接处紧固件无松动滑脱现象，齿轮装置内部结构无损坏。

齿轮传动装置应具备一定的密封性，在设计最大工作压力和最大下潜速度下，齿轮传动装置及其补偿器无泄露、变形或开裂等现象，齿轮传动装置润滑油泄漏量小于1.5 mL/h。

4.4 安全性

- 齿轮传动装置安全性应满足要求：
- a) 防护装置。设备应配备完善的防护外壳或护罩，以防止操作人员在设备运行时接触到运动部件，避免造成人身伤害；
  - b) 紧急停止功能。必须具备易于操作的紧急停止按钮，确保在突发危险情况下能够迅速停止装置运转；
  - c) 警示标识。在明显位置设置清晰的警示标识，如高压危险、旋转部件危险等，提醒人员注意安全。

5 试验方法

5.1 试验人员

涉及专用设备或特殊领域检测设备（如起重设备、压力筒设备、力矩加载设备等）使用的试验人员应持有从业资格证书。

5.2 试验环境

- 除另有要求，试验环境应满足以下条件：
- a) 环境温度满足 0℃～35℃；
  - b) 环境相对湿度不大于 75%；
  - c) 环境应无振动、磁场、腐蚀等影响试验准确性的干扰因素；
  - d) 应按委托方规定的试验温度进行。

5.3 试验设备、仪器仪表和材料

- 5.3.1 各试验设备（如压力环境模拟设备、扭矩加载设备）工作状态应正常，具备开展相应试验的条件。
- 5.3.2 各类试验用的仪器仪表应按相关规定计量合格且在有效使用期限内。
- 5.3.3 试验用润滑油应按设计要求选用。如果没有明确规定时，推荐选用 GB/T 3141 中的 220 或 320 液体润滑剂。

5.4 试验前准备

- 5.4.1 齿轮传动装置外壳应外观良好，表面光滑，如存在缺陷，应评估是否可以开展试验。
- 5.4.2 齿轮传动装置应密封良好，润滑油无渗油，设备充油后静置不宜少于 12 h，补偿器中的油量大于其总容积的 2/3，并记录补偿器的液位数据。
- 5.4.3 将齿轮传动装置的外壳擦拭干净，便于试验中观测有无润滑油渗出。
- 5.4.4 编写试验大纲并通过评审。

5.5 试验过程

5.5.1 空载试验

齿轮传动装置按照表2要求的工况进行正向和反向试验。试验中允许采用附加冷却措施。试验过程中，试验后齿轮传动装置满足4.3.1的要求。

表2 空载试验工况表

齿轮传动装置应用场景	正向试验时间 min	反向试验时间 min
深海矿物切削机构、海底机械式挖沟机	60	/
用于行走机构齿轮	60	60

5.5.2 负载试验

齿轮传动装置按照表3要求的工况进行正向和反向试验，试验中允许采用附加冷却措施。试验过程中，试验后齿轮传动装置满足4.3.2的要求。

试验结束后，绘制载荷-效率曲线图，记录载荷为额定载荷的20%、40%、60%、80%、100%、125%工况下相应的传动效率，传动效率应满足4.3.2的要求。

表3 负载试验工况表

齿轮传动装置应用场景	额定载荷百分比 %	正向试验时间 min	反向试验时间 min
深海矿物切削机构、海底机械式挖沟机	20	60	/
	40	60	/
	60	80	/
	80	80	/
	100	100	/
	125	100	/
用于行走机构齿轮	20	60	60
	40	60	60
	60	80	80
	80	80	80
	100	100	100
	125	100	100

5.5.3 噪声试验

齿轮传动装置在额定转速下按照额定载荷的100%加载，按照GB/T 3768中规定的方法测量噪声，按A声功率级的计算测得噪声值，试验后齿轮传动装置满足4.3.3的要求。

5.5.4 超载试验

齿轮传动装置在额定转速和额定载荷125%工况下，连续运转10 min，试验后齿轮传动装置满足4.3.4的要求。

5.5.5 耐久性试验

深海矿物切削机构、海底机械式挖沟机构等的齿轮传动装置，按齿轮传动装置额定转速下的最大额定载荷工况下运转1000 h，每运转500h后开盖检查内部结构，齿轮传动装置满足4.3.5的要求。

用于行走机构的齿轮传动装置应按额定转速下的最大额定载荷工况下连续正向运转500 h后，再反向运转500 h，每运转500 h后开盖检查内部结构，齿轮传动装置满足4.3.5的要求。

5.5.6 堵转试验

齿轮传动装置在额定载荷工况运行时，将输出轴制动0.5 min后停机，进行开盖检查，齿轮传动装置满足4.3.6的要求。堵转试验应在输出轴的不同转角位置共进行3次。

5.5.7 压力及密封试验

5.5.7.1 压力及密封试验分为两个阶段开展：静态压力及密封试验、动态压力及密封试验。

5.5.7.2 静态压力及密封试验采用分阶段加载卸载的程序，试验过程如下：

- a) 试验时按最大工作压力的 10%或按试验委托单位要求，逐级缓慢加载，加载至试验压力后停止加载，保压至少 15 min；
- b) 在加载过程中，进行应变或位移测量，按照 GB/T 40073-2021 中 6.2.3 和 6.2.4 的规定执行；
- c) 保压完成后，按最大工作压力的 10%或按试验委托单位要求逐级卸载，卸载至最大工作压力进行保压，保压时间不宜小于深海作业装备最大水下作业时间；
- d) 齿轮传动系统保压时间由试验委托单位自行确定，但不应小于 2 h。保压结束后要求压力无明显下降；
- e) 保压完成后，按最大工作压力的 10%或按试验委托方要求逐级缓慢卸载至 0 Mpa；



- f) 试验后齿轮传动装置满足 4.3.7 的要求。
- 5.5.7.3 静态压力及密封试验完成且确认无误后，立刻开展动态压力及密封试验，试验过程如下：
- a) 试验时按最大工作压力的 10%或按试验委托单位要求，逐级缓慢加载，加载至试验压力后停止加载；
  - b) 用液压马达或者深水电机驱动齿轮传动装置运转，使其在试验压力下按照额定工作转速和额定载荷下运转；
  - c) 动态压力及密封试验的运行时间应与该保压阶段的保压时间一致，即不宜小于深海作业装备最大水下作业时间；若深海作业装备水下工作时间过长，按试验委托单位确定的保压时间执行，但同样不应小于 2 h；
  - d) 动态压力及密封试验过程中，除监测压力筒压力是否无明显下降外，还需监测齿轮传动装置的转速、扭矩等参数，监测频率应不低于每 10 分钟一次，并做好详细记录；
  - e) 若在动态压力及密封试验过程中出现压力明显下降、齿轮传动装置运转异常（如转速波动过大、异响等）情况，应立即停止测试，查明原因并采取相应措施后，再重新进行试验；
  - f) 保压完成后，按最大工作压力的 10%或按试验委托方要求逐级缓慢卸载至 0 MPa。
  - g) 试验后齿轮传动装置满足 4.3.7 的要求。
- 5.5.7.4 试验压力按以下原则确定：
- a) 最大工作深度不大于 6000 m 的，试验压力取 1.25 倍的最大工作压力；
  - b) 最大工作深度大于 6000 m 的，试验压力取 1.1 倍~1.25 倍的最大工作压力，由试验委托单位根据设计结果确定；
  - c) 最大工作压力宜根据 GB/T 40073-2021 中附录 A 进行计算。
- 5.5.7.5 试验加载速度不应小于深海作业装备设计的最大下潜速度，卸载速度不应小于深海作业装备最大上浮速度。

6 检验规则

6.1 检验分类

- 6.1.1 齿轮传动装置的检验分为型式检验和出厂检验两种。
- 6.1.2 每台齿轮传动装置都应进行出厂检验。
- 6.1.3 在新产品研发鉴定、老产品转产、转厂、停产 3 个月以上后复产，结构、材料或工艺有重大改变、合同约定等内容时，开展型式检验。

6.2 检验项目

型式检验和出厂检验的项目按照表4所列的试验项目进行。

表4 检验项目表

序号	试验项目	检验分类		试验方法	试验要求
		型式检验	出厂检验		
1	空载试验	●	●	5.5.1	4.3.1
2	传动效率试验	●	●	5.5.2	4.3.2
3	噪声试验	●	●	5.5.3	4.3.3
4	超载试验	●	-	5.5.4	4.3.4
5	耐久性试验	●	-	5.5.5	4.3.5
6	堵转试验	●	-	5.5.6	4.3.6
7	压力及密封试验	●	-	5.5.7	4.3.7

注：“●”必检项目，“-”不检项目。

6.3 型式检验

6.3.1 受检样品数

型式检验应随机抽样按照正常制造工艺制造的齿轮传动装置。检验台数由试验单位与送检单位协定，数量应不少于6个。

### 6.3.2 合格判据

抽取2个受检样品进行检验，2个样品的所有检验项目均符合要求，则认为型式检验通过。如有一项不符合要求，则需要在同批产品中重新抽取双倍样品进行复验。如果复验结果仍然不合格，则判定该型式检验为不合格；反之，则判定为合格。

### 6.4 出厂检验

#### 6.4.1 受检样品数

每台齿轮传动装置都应进行出厂检验。

#### 6.4.2 合格判据

所有出厂检验项目均符合要求，则认为出厂检验合格，否则为不合格。

## 7 交货要求

### 7.1 产品检验

对齿轮传动装置按6.4节内容进行出厂检验。

### 7.2 包装防护

7.2.1 采用特制的防锈、防潮包装材料，对装置进行多层包装，以防止在运输和储存过程中受到腐蚀和损坏。

7.2.2 在包装内部填充缓冲材料，如泡沫塑料、气垫等，以减轻振动和冲击对产品的影响。

### 7.3 文件准备

附上质量检测报告、合格证书等相关文件。提供齿轮传动装置材料的来源证明和材质报告。

### 7.4 运输安排

7.4.1 选择具有专业运输能力的物流公司，确保其了解深海设备运输的特殊要求。

7.4.2 根据装置的尺寸和重量，选择合适的运输工具等。

7.4.3 制定运输方案，考虑路线规划、运输时间、货物固定等因素，以保证安全运输。

### 7.5 交付沟通

7.5.1 与客户提前沟通交付时间、地点和方式，确保双方协调一致。

7.5.2 安排技术人员在交付现场，为客户提供必要的技术支持和培训。