|  |  |
| --- | --- |
| ICS | 点击此处添加ICS号 |
| CCS | |  | | --- | | D:\000000部门项目\09标准化插件开发\程序源代码\StandardEditor_ShanDongKeXieYuan\团标首页面字母T.pngD:\000000部门项目\09标准化插件开发\程序源代码\StandardEditor_ShanDongKeXieYuan\团标首页面字母T后面的反斜杠.png |   点击此处添加CCS号 |

     团体标准

T/CSNAME XXXX—XXXX

深海齿轮传动装置技术要求

Technical requirements for deep-sea gear drives

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

中国造船工程学会  发布

1. 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。

本文件由中国造船工程学会标准化学术委员会提出。

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、杜伟涛、陈光富、丁晓喜、陈骅、胡江平、阚甜甜、孙燕杰、喻光安、邵康健。

深海齿轮传动装置技术要求

* 1. 范围

本文件规定了深海作业装备上的齿轮传动装置（以下简称齿轮传动装置）的技术要求，包括一般要求、性能要求、试验要求和检验规则。

本文件适用于深海作业装备用齿轮传动装置的设计、制造和试验。

* 1. 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 3141-1994 工业液体润滑剂 ISO粘度分类

GB/T 13407 潜水器与水下装置术语

GB/T 40073-2021 潜水器金属耐压壳外压强度试验方法

GB 3768-1996 噪声源声功率级的测定 简易法

中国船级社，潜水系统和潜水器入级规范，2018

* 1. 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》（2018）界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

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。

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，有修改]

深海 deep-sea water

海水深度超过200米的海域。

[来源：ISO 5668:2023]

* 1. 要求
     1. 材料

深海齿轮传动装置可以选择的材料为：钛合金、超级双向不锈钢、镍基合金、高强度合成钢、工程陶瓷。

从海上环保角度，深海齿轮传动装置的表面涂层，要求具备低毒性、生物相容性、耐腐蚀性、可降解性或稳定性。

* + 1. 设计

齿轮传动装置通常由齿轮箱、压力补偿器和排气系统组成。

齿轮箱主要功能是在深海环境下，将液压马达或是深海电机的动力传递给执行设备，并使其得到相应的转速；齿轮箱体中充满齿轮润滑油。

压力补偿器与齿轮箱通过管道连通，内部有膜片阻隔齿轮润滑油与海水接触，可将外部海水的压力传导给其内部的齿轮油，使其内部压力基本等于外部海水压力。压力补偿器内部存有齿轮润滑油，当系统需要时，将齿轮油释放至齿轮箱，重新补供给系统。

每个型号的深海齿轮传动系统都需配置专门设计的排气系统，其功能是在对齿轮箱充润滑油的过程中把齿轮箱内部的空气全部排出，使齿轮箱和压力补偿器内部充满齿轮润滑油。

* + 1. 性能
       1. 空载运行要求

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。

* + - 1. 传动效率要求

齿轮传动装置在各工况下的传动效率应不低于80 %。

* + - 1. 噪声要求

齿轮传动装置额定负载运行时噪声值不高于85dB(A)。

* + - 1. 超载运行要求

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。

* + - 1. 耐久性要求

齿轮传动装置应具备一定的耐久性，最大额定负载下运行100小时后，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。

* + - 1. 堵转保护要求

海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。

* + - 1. 耐压性要求

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，海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。

* + - 1. 密封性要求

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，海齿轮传动装置及其补偿器无泄露、变形或开裂等现象，补偿器润滑油泄漏量小于1.5mL/h。

* + - 1. 制造精度要求

制造精度应满足如下要求：

1. 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,例如，模数的误差可能要小于 0.01mm，以确保准确的传动比。
2. 轴的直径、长度、键槽尺寸等也要严格控制精度，轴径的公差可能在微米级，以保证与轴承、齿轮等部件的精确配合。
3. 轴的圆柱度、圆度要达到高精度标准，圆柱度偏差小于 0.005 mm，以防止轴在运转时产生跳动。
4. 齿轮和轴的表面粗糙度要求在 Ra0.4 以下，以减少摩擦和磨损，并提高耐腐蚀性，以适应深海高压、高腐蚀的环境。
   * 1. 安全性
        1. 人员安全

在人员安全方面应满足如下要求：

1. 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。
2. 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。
3. 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。
4. 培训与资质。操作人员需经过专业培训，具备相关资质和知识，了解设备的操作规范和安全注意事项。
   * + 1. 对其他设备的安全

避免产生强烈的电磁干扰，影响周边其他电子设备的正常运行。

* 1. 试验要求
     1. 试验人员

试验过程中，涉及专用设备或特殊领域检测设备使用的试验人员应持有从业资格证书，如起吊设备、布放回收设备、压力筒设备、力矩加载设备等。

* + 1. 试验环境

齿轮传动装置的试验环境分为陆地环境、压力环境和海洋环境。

陆地试验环境要求如下：

1. 环境温度：0℃~35℃；
2. 环境相对湿度：≤75%；
3. 环境应无振动、磁场、腐蚀等影响试验准确性的干扰因素。

压力试验环境要求如下：

1. 大气压力：86 kPa~106 kPa；
2. 环境相对湿度：25 %~75 %；
3. 试验温度：试验在室温环境下进行，如委托方另有规定，应按委托方规定的试验温度进行。

海洋试验环境要求如下：

1. 海域水深条件应大于最大设计深度；
2. 海况不大于3级；
3. 试验海区干净，无影响安全作业的悬浮或漂浮物。
   * 1. 试验设备、仪器仪表和材料

各试验设备（如压力环境模拟设备、扭矩加载设备）应工作状态正常，具备开展相应试验的条件。

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。

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。

海上试验船舶要求如下：

1. 具有适应海上试验所需的甲板作业面积；
2. 具有海上试验所需的布放回收能力；
3. 具有海上试验所需的供电能力。
   * 1. 试验前准备

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。

轮传动装置的密封性能良好，润滑油无渗油，补偿器中的油量大于其总容积的2/3。

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。

压力试验前对齿轮传动装置进行密性检测，密性检测可采用静置试验，设备充油后静置不宜少于12h，无渗漏现象，并记录补偿器的液位数据。

* + 1. 试验方法
       1. 空载试验方法

深海矿物切削机构、海底机械式挖沟机构的齿轮传动装置，在水平位置正向连续运转2 h。

用于履带行走机构或轮式行走机构的齿轮传动装置在水平位置正向连续运行1 h，反向连续运行1h。

试验中允许齿轮传动装置采用附加冷却措施。

记录齿轮传动装置的空载功率。

试验后齿轮传动装置满足4.3.1的要求。

* + - 1. 传动效率试验方法

深海矿物切削机构、海底机械式挖沟机构的齿轮传动装置，分别按照额定载荷的20%、40%、60%、80%、100%、125%加载，对应试验运转时间分别为60、60、80、80、100、100 min，如表1所示。

用于行走机构齿轮传动装置应按照额定载荷的20%、40%、60%、80%、100%、125%加载，对应试验运转时间分别为60、60、80、80、100、100min，分别进行正、反向运转试验,如表1所示。

表1 传动效率试验工况表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 齿轮应用场景 | 额定载荷百分比（单位：%） | 正向试验时间  (单位：min) | 反向试验时间  (单位：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 |

试验中允许采用附加冷却。

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。

试验后齿轮传动装置满足4.3.2的要求。

* + - 1. 噪声试验方法

齿轮传动装置额定载荷的100 %加载，按照GB 3768标准规定测量噪声，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。

* + - 1. 超载试验方法

按齿轮传动装置额定输出扭矩工况下超载25 %，连续运转10 min，试验后齿轮传动装置满足4.3.4的要求。

* + - 1. 耐久性试验方法

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，按深海齿轮传动装置最大额定输出扭矩工况下连续运转1000 h，在运转300 h后开盖检查内部结构。

用于行走机构的齿轮传动装置应按最大额定输出扭矩工况连续正向运转500 h后，再反向运转500 h，在运转200 h后开盖检查内部结构。

试验后齿轮传动装置满足4.3.5的要求。

* + - 1. 堵转试验方法

齿轮传动装置在最大额定输出扭矩工况下开展堵转试验。将输出轴的制动轮制动后，开动电动机进行堵转，在输出轴的不同转角位置共进行3次堵转试验。

试验后齿轮传动装置满足4.3.6的要求。

* + - 1. 压力及密封试验方法

为了确保试验顺利进行，采用分阶段加载卸载的程序。

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。

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。

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。

如深海作业装备水下工作时间过长，其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。

保压完成后，按最大工作压力大10 %或按试验委托方要求逐级缓慢卸载至0 MPa。

试验压力一般由试验委托单位根据设计结果确定，或根据GB/T 40073-2021中规定，按以下原则确定：

1. 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；
2. 最大工作深度大于6000 m的，试验压力取1.1倍~1.25倍最大工作压力，由试验委托单位根据设计结果确定。
3. 最大工作压力宜根据GB/T 40073-2021中附录A进行计算。

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。

试验后齿轮传动装置满足4.3.7和4.3.8的要求。

* 1. 检验规则
     1. 检验分类

齿轮传动装置的检验分为型号检验和出厂检验两种。

每台齿轮传动装置都应进行出厂检验。

在新产品研发鉴定老产品转产、转厂、停产后复产，结构、材料或工艺有重大改变、合同约定等内容，开展型号检验。

* + 1. 检验项目

型号检验和出厂检验的项目按照表2所列的试验项目进行。

表2 检验项目表

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 试验项目 | 试验环境 | 检验分类 | | 试验方法 | 试验要求 |
| 型号检验 | 出厂检验 |
| 1 | 空载试验 | 陆地试验 | ● | ● | 5.5.1 | 4.3.1 |
| 2 | 传动效率试验 | 陆地试验 | ● | ● | 5.5.2 | 4.3.2 |
| 3 | 噪声试验 | 陆地试验 | ● | - | 5.5.3 | 4.3.3 |
| 4 | 超载试验 | 陆地试验 | ● | - | 5.5.4 | 4.3.4 |
| 5 | 耐久性试验 | 陆地试验 | ● | - | 5.5.5 | 4.3.5 |
| 6 | 堵转试验 | 陆地试验 | ● | - | 5.5.6 | 4.3.6 |
| 7 | 压力及密封试验 | 压力环境试验 | ● | - | 5.5.7 | 4.3.7和4.3.8 |
| 注：“●”必检项目，“-”不捡项目。 | | | | |  |  |

* + 1. 型号检验
       1. 受检样品数

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

* + - 1. 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，则认为型号检验通过。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，则判定该型号检验为不合格；反之，则判定为合格。‌

* + 1. 出厂检验
       1. 受检样品数

每台深海齿轮传动装置都应进行出厂检验。

* + - 1. 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。

* 1. 交货
     1. 产品检验

对齿轮传动装置按6.4节内容进行出厂检验。

* + 1. 包装防护

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。

在包装内部填充缓冲材料，如泡沫塑料、气垫等，以减轻震动和冲击对产品的影响。

* + 1. 文件准备

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

* + 1. 运输安排

选择具有专业运输能力的物流公司，确保他们了解深海设备运输的特殊要求。

根据装置的尺寸和重量，选择合适的运输工具等。

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。

* + 1. 交付沟通

与客户提前沟通交付时间、地点和方式，确保双方协调一致。

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。

