

ICS 47.020.60
CCS U60

团 体 标 准

T/CSNAME 097—2024

单点系泊系统电滑环技术要求

Technical requirements for single point mooring electric slip ring

2024 - 12 - 28 发布

2025 - 03 - 28 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：扬州海通电子科技有限公司、中船海博威（江苏）科技发展有限公司、中国船舶集团第七二三研究所、中海油（中国）有限公司湛江分公司、中海油能源发展股份有限公司、中国船舶集团有限公司第七一九研究所、大连船舶重工集团有限公司、中海油（中国）有限公司天津分公司、中海油（中国）有限公司深圳分公司、中海油深圳海洋工程技术服务有限公司、苏州电器科学研究院股份有限公司、中广核研究院有限公司。

本文件主要起草人：沙亮、俞力峰、陈竟飞、李伟、咎智海、张宝雷、韩宇、刘丽珊、陈瑞宝、董荣果、杜凯乐、杜庆龙、徐世军、葛勇、张艺凡、董海防、石锦坤、汪智峰、孙强、何中原、张杰、吕潇。



单点系泊系统电滑环技术要求

1 范围

本文件规定了单点系泊系统电滑环（以下简称电滑环）的性能要求、试验方法、检验规则、标识、运输和贮存。

本文件适用于海洋固定式和浮动式单点系泊装置中，中高压交流三相系统的干式和油浸式电滑环的设计、制造、试验和验收。

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 311.1 绝缘配合 第1部分：定义、原则和规则
 - GB/T 2421 电工电子产品环境试验概述和指南
 - GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
 - GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
 - GB/T 2423.3 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
 - GB/T 2423.10 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）
 - GB/T 2423.16 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验J和导则：长霉
 - GB/T 2423.17 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾
 - GB/T 2423.101 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验：倾斜和摇摆
 - GB/T 2900.1 电工术语 基本术语
 - GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划
 - GB/T 3836.2 爆炸性环境 第2部分：由隔爆外壳“d”保护的设备
 - GB/T 3836.5 爆炸性环境 第5部分：由正压外壳“p”保护的设备
 - GB/T 7595 运行中变压器油质量
 - GB/T 11022 高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求
 - GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
 - GB/T 16927.1 高电压试验技术 第1部分：一般定义及试验要求
 - IEC 60060-1 第1部分：一般定义和试验要求（High-Voltage test techniques-Part1: General definitions and test requirements）
 - IEC 60071-1 绝缘配合 第1部分：定义、原则和规则（Insulation co-ordinaton-Part1: Definitions, principles and rules）
 - IEC 62271-1 高压开关设备和控制设备 第1部分：交流开关设备和控制设备的一般规范（High-voltage switchgear and controlgear-Part1:Common specifications for alternating current switchgear and controlgear）
- 中国船级社，海上单点系泊装置入级规范，2021

3 术语和定义

GB/T 2900.1、《海上单点系泊装置入级规范》界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电滑环 electric slip ring

应用于单点系泊装置的电气部件，起电力传输作用，应用于中高压交流三相系统中。

4 要求

4.1 外观材质

4.1.1 电滑环外壳表面色泽均匀，各工作面上应无锈迹、碰伤、明显划痕及污损，无油质渗漏，电滑环进出电缆外观完好，各机械结构连接可靠。

4.1.2 电滑环材质和安装螺钉均应采用耐候、防腐材料，如不锈钢、铝合金等。

4.2 机械性能要求

4.2.1 转动性能要求

电滑环正常工作时，转动应无异响卡顿，转动力矩满足电滑环设计要求。

4.2.2 密封要求

电滑环应具有良好的密封性，气体打压时，电滑环壳体表面和焊接处应无泄漏。

4.3 电气性能

4.3.1 回路电阻要求

电滑环工作时，要求回路各电气连接紧固，环道与电刷模块接触可靠，静/动态回路电阻（不包含电缆）不大于10 m Ω 。

4.3.2 绝缘电阻要求

对于额定电压不小于10kV的电滑环，各环对外壳地、各环之间的绝缘电阻不小于1G Ω (5000V/DC)。

4.3.3 工频耐压强度

在GB 311.1-2012表2或IEC 60071-1-2019表2要求的工频耐压电压通电施压下，电滑环未出现高压击穿现象。

4.3.4 大电流运行

电滑环环路按照额定电流持续运行，至温升达到稳定状态，各部件温升应无异常。

4.3.5 雷电冲击电压强度

在GB 311.1-2012表2或IEC 60071-1-2019表2要求的雷电电压冲击下，电滑环在非自恢复绝缘上不允许发生破坏性放电。

4.3.6 短路电流耐受要求

在短路情况下，电滑环各环路应可正常运行，不应产生任何部件的机械损伤和接触分离，并满足4.3.1回路电阻和4.3.3工频耐压强度要求。

4.4 环境适应性要求

4.4.1 耐低温性能

在最低工作温度下，电滑环运转应正常无异响，外观无损坏。

4.4.2 耐高温性能

在最高工作温度下，电滑环运转应正常无异响，外观无损坏。

4.4.3 耐湿热性能

在温度40 \pm 2 $^{\circ}$ C、相对湿度RH 93%的工作环境下，电滑环应运转正常无异响，外观无损坏，并满足4.3.1、4.3.2、4.3.3的要求。

4.4.4 耐霉菌性能

电滑环应能在GB/T 2423.16要求的霉菌环境下正常工作，外观无损坏。

4.4.5 耐盐雾性能

电滑环应能在GB/T 2423.17要求的盐雾环境下正常工作，外观无锈蚀现象。

4.4.6 抗振动性能

电滑环在振动的环境下工作时，应外观正常无损坏、无油质渗漏，使用转台转动电滑环无卡死，并满足4.3.1、4.3.2、4.3.3的要求。

4.4.7 抗倾斜、摇摆性能

电滑环在倾斜、摇摆的情况下工作时，应外观正常无损坏、无油质渗漏，使用转台转动电滑环无卡死，并满足4.3.1、4.3.2、4.3.3的要求。

4.5 防爆性能

在防爆区域下工作的电滑环还应具有防爆性能。电滑环防爆形式主要分为隔爆外壳保护和由正压外壳保护的装置，防爆等级要求如表1。

表1 不同防爆形式下的防爆等级要求

防爆形式	防爆等级
隔爆外壳	Ex de IIA T3
正压外壳	Ex px IIB T4 Gb

4.6 寿命

电滑环使用寿命不小于25年，按每天3转总计圈数约28000转。

5 试验方法

5.1 试验设备

试验设备主要包括：

- 试验转台装置。电滑环的试验转台装置应为其在开放和封闭模式下提供要求的转速；
- 负载。电滑环负载满足其电流测试的功率要求；
- 高压局放测试系统。满足电滑环工频耐压测试电压等级及功率要求。
- 大电流发生器。电源频率为 50 Hz±2% 或 60 Hz±2%，可提供电流大于电滑环额定电流，功率因数为 0.95~1。

5.2 仪器仪表

测量仪器仪表包括：

- 绝缘电阻测试仪；
- 回路电阻测试仪；
- 高压局放测试系统；

仪器仪表精度均应符合国家规定的要求，且在计量周期范围内。

5.3 试验环境

除另有规定外，试验环境要求如下：

- 温度：10℃~40℃；
- 相对湿度：25%~75%；
- 气压：86 kPa~106 kPa。

5.4 外观材质

在正常照明条件下，目视检查电滑环，应符合4.1.1和4.1.2的要求。

5.5 机械性能试

5.5.1 转动性能试验

利用试验转台或工装转动电滑环到达设计转速，观察转动是否顺畅，测量并记录转动力矩，正反转连续转动力矩变化范围控制在10%以内。

5.5.2 壳体密封试验

将壳体两端用端盖和密封垫进行密封，端盖上预留加压孔和测压孔。完成密封后利用高压气泵向壳体内部加气，试验气压0.25 MPa，保压时长1 h，保压完成后用发泡剂或泡沫水对壳体进行检漏，电滑环壳体表面和焊接处应无泄漏。

5.6 电气性能

5.6.1 回路电阻试验

回路电阻试验方法如下：

- a) 将测试电缆接入回路电阻测试仪；
- b) 检测电流选择 100A，检测时间 10s；
- c) 测得电缆电阻值；
- d) 用测试电缆连接待检环路后接入回路电阻测试仪；
- e) 检测电流选择 100A，检测时间 10s；
- f) 测得电缆电阻值和环路回路电阻之和；
- g) 将 2 次测量结果相减即为环路回路电阻；
- h) 测试结果应满足 4.3.1 的要求。

5.6.2 绝缘电阻试验

使用绝缘电阻测试仪分别测量所有电气环路与外壳地、各电气环路之间的绝缘电阻，测试时间60 s，测试结果应满足4.3.2的要求。

5.6.3 工频耐压试验

使用高压局放测试设备对所有电气环路与外壳地、各电气环路之间进行工频耐压测试，按照GB/T 16927.1-2011中6.3.1或IEC 60060-1-2010中6.3.1程序进行短时工频耐受电压试验。对每一试验条件，把试验电压升到试验值维持1 min，试验电压值参照GB 311.1-2012表2或IEC 60071-1-2019表2，进行干式试验。

5.6.4 大电流运行试验

将所有电气环路相互串联，并与大电流发生器连接构成回路。利用转台装置驱动电滑环转速至1 r/min，按额定电流通电，通电时长不少于10 min。试验后，电滑环任何部件不应发生机械损伤和接触分离，油浸式电滑环变压器油质量应满足GB/T 7595-2017中表1的要求。

5.6.5 雷电冲击电压试验

干燥状态下，使用雷电冲击电压设备对所有电气环路与外壳地、各电气环路之间进行雷击测试，用标准雷电冲击波1.2/50 μ s在两种极性的电压下进行，雷电冲击耐受电压（峰值）参照GB 311.1-2012中表2或IEC 60071-1-2019表2进行，试验次数参照GB 311.1-2012中7.3或IEC 60071-1-2019中6.3要求或产品技术要求。试验过程中及试验收，电滑环在非自恢复绝缘上不允许发生破坏性放电。

5.6.6 短路电流耐受试验

在电滑环主回路上接GB/T 11022-2020中或IEC 62271-1-2017中5.6推荐值施加短路电流，短路电流持续时间的优选值为2s。

5.7 环境适应性

5.7.1 低温试验

电滑环低温试验按照GB/T 2423.1的规定进行。试验贮存时间为16h，试验温度在以下3个区间选择并低于电滑环工作环境最低温度：

- a) $-5\pm 2^{\circ}\text{C}$
- b) $-20\pm 2^{\circ}\text{C}$
- c) $-33\pm 2^{\circ}\text{C}$

试验后，电滑环外观应正常无损坏、无油质渗漏；电滑环滑环功能正常，转动无卡死、转动力矩与试验前相比差值在10%以内。

5.7.2 高温试验

电滑环高温试验按照GB/T 2423.1的规定进行。试验贮存时间为16h，试验温度在以下3个区间选择并高于电滑环工作环境最高温度：

- d) $55\pm 2^{\circ}\text{C}$
- e) $-65\pm 2^{\circ}\text{C}$
- f) $-70\pm 2^{\circ}\text{C}$

试验后，电滑环外观正常无损坏、无油质渗漏；电滑环功能正常，转动无卡死、转动力矩与试验前相比差值在10%以内。

5.7.3 湿热试验

湿热试验按GB/T 2423.3的规定进行，试验温度 $40\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度RH 93%，持续时间2d。试验后电滑环外观应正常无损坏，无锈蚀现象，无油质渗漏。

5.7.4 霉菌试验

霉菌试验采用样块形式按GB/T 2423.16的要求进行，试验温度 $29\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，试验时间28天，试验后样块的长霉程度等级评定达到2a要求。

5.7.5 盐雾试验

盐雾试验按GB/T 2423.17的要求进行，试验温度 35°C ，试验时间168 h，试验后外观应正常无损坏，无锈蚀现象。

5.7.6 振动试验

振动试验按表2的振动条件进行，其它要求按照GB/T 2423.10的规定进行。试验后转动力矩与试验前相比变化在10%以内。

表2 振动试验参数

下限频率 Hz	上限频率 Hz	交越点 Hz	幅值 mm	加速度 m/s^2	耐振时长 min
1	100	7.05	1	7	90
注：安装方式：模仿电滑环在单点系泊装置上的安装。 振动轴线：X轴、Y轴、Z轴。 扫频速率：1OCT/min。 在危险频率或25 Hz频率下进行耐振试验。					

5.7.7 倾斜和摇摆试验

倾斜和摇摆试验按GB/T 2423.101的规定进行，并满足以下要求：

- a) 倾斜试验纵倾角为 10° ；
- b) 横倾试验横倾角为 22.5° ；
- c) 摇摆试验纵摇幅值为 $\pm 10^{\circ}$ ，周期7s；
- d) 摇摆试验横摇幅值为 $\pm 22.5^{\circ}$ ，周期10s。

试验后电滑环转动力矩与试验前相比变化在10%以内。

5.8 防爆性能试验

防爆性能试验按不同防爆形式，按表3的要求进行。

表3 防爆性能试验方法

防爆形式	试验方法
隔爆外壳	GB/T 3836.2-2021, 15.1
正压外壳	GB/T 3836.5-2021, 16.2

5.9 寿命试验

将电滑环任意两环在动环端短接，并将该两环在静环端的两根电缆接大电流发生器，按额定电流通电，利用转台装置驱动电滑环按照1.5 r/min的转速进行加速磨损试验。

试验后，电滑环应满足以下要求：

- a) 回路电阻变化率小于 20%；
- b) 油浸式电滑环变压器油测定满足 GB/T 7595 中的相关要求；
- c) 电滑环无机械损伤或接触分离。

6 检验规则

6.1 检验分类

6.1.1 电滑环的检验分为出厂检验和型式检验。

6.1.2 产品出厂时应进行出厂检验。

6.1.3 在下列条件下，须进行型式试验：

- a) 试制新产品时；
- b) 当设计、工艺、材料的改变可能影响产品性能时；
- c) 产品转厂时。

6.2 检验条件

6.2.1 资质

出厂检验的质检人员应具备质检资格。

型式试验的检测单位应为具备专业国家检测资质的第三方机构。

6.2.2 环境

检验所需的场地应满足电滑环所需的各种环境条件和空间。

6.2.3 设备、仪器、仪表和工具

生产厂家应提供检验所需的仪器、仪表和测试设备，并应符合下列要求：

- a) 检验用的仪器、仪表和测试设备（包括非标准测试设备）应具有计量单位给出的有效检定期内的合格证明；
- b) 自制的非标准测试设备，应经过鉴定合格并征得订购方的同意方能使用。

6.3 抽样

抽样方案及合格质量水平应符合技术协议的规定或符合GB/T 2828.1的要求。

6.4 检验项目

出厂检验和型式试验的项目见表4。

表4 单点系泊电滑环产品检验项目表

序号	试验项目		型式试验	出厂检验	要求章条号	检验方法章条号
1	外观材质	外观目视检查	●	●	4.1.1	5.4
2		材质目视检查	●	●	4.1.2	5.4
3	机械性能	转动性能试验	●	●	4.2.1	5.5.1

表4 单点系泊电滑环产品检验项目表（续）

序号	试验项目	型式试验	出厂检验	要求章条号	检验方法章条号
4	壳体密封试验	●	●	4.2.2	5.5.2
5	回路电阻试验	●	●	4.3.1	5.6.1
6	绝缘电阻试验	●	●	4.3.2	5.6.2
7	工频耐压试验	●	●	4.3.3	5.6.3
8	大电流运行试验	●	●	4.3.4	5.6.4
9	雷电冲击试验	●	-	4.3.5	5.6.5
10	短路电流耐受试验	●	-	4.3.6	5.6.6
11	低温试验	●	-	4.4.1	5.7.1
12	高温试验	●	-	4.4.2	5.7.2
13	湿热试验	●	-	4.4.3	5.7.3
14	霉菌试验	●	-	4.4.4	5.7.4
15	盐雾试验	●	-	4.4.5	5.7.5
16	振动试验	●	-	4.4.6	5.7.6
17	倾斜和摇摆试验	○	-	4.4.7	5.7.7
18	防爆性能试验	○	-	4.5	5.8
19	寿命试验	●	-	4.6	5.9

注：●必检项目，○按具体要求检验项目，-不检项目。

6.5 出厂合格判定与复检

6.5.1 合格判定

所有检验项目均达到本文件规定的要求，可判定为检验合格。

6.5.2 复检规则

检验中出现某个项目不合格时，应停止检验，进行分析，查明原因，采取整改措施后，本批次按照出厂检验规则全体复检，复检全部通过方视为合格。

6.6 型式检验判定与复检

6.6.1 合格判定

所有型式试验项目均达到上述规定的要求，可判定为型式试验合格。

6.6.2 复检规则

检验中出现某个项目不合格时，应停止检验，进行分析，查明原因，根据缺陷严重程度，确定是否进行复检，具体复检规则如下：

- 存在次要缺陷时，经修复后可继续进行检验；
- 存在一般缺陷时，经修复并说明原因后可继续进行检验；
- 存在严重缺陷时，采取措施纠正，并写出技术分析报告，说明原因后，可重新进行检验。重新检验仍不合格时，则停止本次检验；
- 存在致命缺陷时，终止本次检验。

缺陷类别的判定参见附录A。

7 标识、包装、运输和贮存

7.1 标识

每台电滑环应在明显位置上设置永久性铭牌，铭牌内容包括：

- 制造厂名称和商标；
- 产品型号和名称；
- 主要技术参数；
- 工作温度；

- e) 产品出厂编号;
 - f) 制造日期。
- 电滑环相关位置上应设有防爆标识和安全标识。

7.2 包装

包装应符合GB/T 13384的规定。

7.3 运输和贮存

在运输和贮存过程中不应碰撞、倾斜和雨雪淋袭，产品应放置在库房或有遮盖的场所，场地应通风良好、干燥。



附录 A (资料性) 缺陷等级划分

A.1 致命缺陷

致使产品丧失基本功能，或导致威胁人机安全的缺陷，称之为致命缺陷。

A.2 严重缺陷

不构成致命缺陷，但能造成产品使用性能严重下降的缺陷，称之为严重缺陷。例如：

- a) 绝缘电阻不符合要求；
- b) 耐压性能不符合要求；
- c) 大电流运行不符合要求；
- d) 影响使用安全的缺陷；
- e) 必须更改原设计、工艺才能消除的缺陷；
- f) 严重影响产品使用寿命的缺陷。

A.3 一般缺陷

不构成致命缺陷和严重缺陷，但影响产品完成规定任务的缺陷，称之为一般缺陷。例如：

- a) 内置电子器件偶然失效一次；
- b) 内置电子器件在同一检验中发生二次失效；
- c) 未按设计、工艺图样规定进行加工、生产，致使产品寿命、可靠性、维修性受到影响的缺陷。

A.4 次要缺陷

只对产品的使用性能有轻微影响或几乎没有影响的缺陷称之为次要缺陷。例如：

- a) 产品有一定的变形，但不影响使用性能的情况；
- b) 指标超差，对性能影响甚微的情况。