

团 体 标 准

T/CSNAME 090—2024

单点系泊电滑环检修及维护要求

Overhaul and maintenance requirement for electric slip ring of single point mooring system

2024 - 09 - 30 发布

2024 - 12 - 30 实施

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：中国船舶集团有限公司第七二三研究所、中海油能源发展股份有限公司、扬州海通电子科技有限公司、中海石油（中国）有限公司湛江分公司、中海石油（中国）有限公司天津分公司、中海石油（中国）有限公司深圳分公司、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、扬州大学、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、中海油深圳海洋工程技术服务有限公司。

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



单点系泊电滑环检修及维护要求

1 范围

本文件规定了单点系泊电滑环（以下简称电滑环）定期检修及维护的一般要求、项目及周期、检修维护方法、检修维护记录的要求。

本文件适用于海上单点系泊装置上的电滑环的定期检修及维护。

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。

GBZ 188-2014 职业健康监护技术规范

GB/T 311.1-2012 绝缘配合 第1部分：定义、原则和规则

GB/T 2900.1-2008 电工术语 基本术语

GB/T 2900.13-2008 电工术语 可信性与服务质量

GB/T 7595-2017 运行中变压器油质量

GB/T 16927.1-2011 高电压试验技术 第1部分：一般定义及试验要求

GB 50150-2016 电气装置安装工程电气设备交接试验标准

DL/T 393-2021 输变电设备状态检修试验规程

IEC 60071-1:2011 绝缘配合 第1部分：定义、原则和规则（Insulation co-ordination-Part1: Definitions, principles and rules）

注：GB/T 311.1-2012 绝缘配合 第1部分：定义、原则和规则（IEC 60071-1:2006, MOD）

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 2900.1-2008、GB/T 2900.13-2008、中国船级社《海上单点系泊装置入级规范》（2021）、DL/T 393-2021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

由定子和转子两部分组成，可分别连接单点系泊系统固定部件和相对转动部件，起电力传输作用。

3.2

检修 service

对电滑环的部件和性能进行检查或检测，并对不合格项目进行处理的活动。

3.3

维护 maintenance

固定周期的对设备开展的清扫、润滑、紧固以及对常规缺陷的处理。

3.4

备品备件 spare parts

在电滑环维修工作中为了缩短修理停歇时间，按照储备原则事先准备好的零(部)件或单体设备。

3.5

首次定检 first regular inspection

电滑环首次投入运行后的第1次定期检修。

4 一般要求

4.1 人员要求和安全培训

- 4.1.1 电工作业、高处作业人员的职业健康监护应满足 GBZ 188-2014 第 9 章的要求。
- 4.1.2 检修维护人员应经过安全和专业技术培训，考核合格方能上岗。考核要求包括：
- 掌握个人防护设备的正确使用方法；
 - 掌握检测设备的使用方法；
 - 了解电滑环的工作原理和基本结构；
 - 掌握对一般故障的判断和处理方法；
 - 具备电滑环安全操作技能。
- 4.1.3 特殊作业如吊装作业、高处作业等应取得相应的特殊作业操作证。

4.2 设备、器材和备品备件

- 4.2.1 检修维护中使用的所有仪器、仪表和设备，如回路电阻测试仪、绝缘电阻测试仪、扭矩扳手、专用橡胶软管等，应定期进行检查和检验，确保准确、可靠。仪器仪表应符合 DL/T 393-2021 中 4.2 的要求。
- 4.2.2 应列出电滑环的易损件清单，如电刷、密封件等。并根据备品备件的性能和消耗频次准备充分的备品备件，将其存储在适宜的地点。

4.3 场所和环境

- 4.3.1 检查电滑环检修所需的安全通道和操作空间。
- 4.3.2 海上检修维护工作应在适宜的天气进行。风速超过 25 m/s(10 min 平均值)时，禁止人员户外作业。风速超过 18 m/s(10 min 平均值)时，禁止任何人员攀爬单点系泊装置。
- 4.3.3 雷雨天气不应进行检修工作，雷雨天气停止后 1 h 内禁止靠近单点系泊装置，如已在单点系泊装置中，应立即停止作业并停留在安全位置。
- 4.3.4 应做好大风、大浪、雷电、寒流等恶劣天气的防范措施，在恶劣天气发生前后的一段时间应避免进行电滑环的检修作业。
- 4.3.5 电滑环的检修及维护不应対海水和空气环境造成污染。

5 项目及周期

- 5.1 检修及维护周期一般按照制造商检修维护手册中的周期开展，如未作详细规定可参照表 1 进行各项的检修维护工作。
- 5.2 首次定检后，定期检修周期建议采用全年检。
- 5.3 电滑环的首次定检宜在运行 90 天后开展，以便将试运行中存在的问题一并处理，并形成处理文件，对电滑环的防腐、盐雾及卫生进行处理。
- 5.4 定期检修和维护的项目及周期见表 1。

表1 定期检修和维护的项目及周期

序号	项目	周期				
		90d ^a	S ^b	1年 ^c	年度 ^d	5年 ^e
1	基座及外壳	-	√	√	√	√
2	电滑环外部连接件	-	√	-	-	-
3	电缆及填料函	√	√	√	√	√
4	油位、排气孔及正压状态	-	√	-	-	-
5	螺栓的总体情况	-	√	-	√	-
6	法兰连接螺栓	√	-	√	√	√
8	回路电阻检修 ^f	-	-	-	-	√
9	绝缘电阻检修 ^f	-	-	-	-	√
10	绝缘强度检修 ^f	-	-	-	-	√
11	绝缘介质检修	-	-	√	√	√
12	腔体密封检修	-	-	-	-	√
13	摩擦力矩检修	-	-	-	-	√

序号	项目	周期				
		90d ^a	S ^b	1年 ^c	年度 ^d	5年 ^e
14	接线箱内部检修 ^g	-	-	-	-	√
15	环道及内部器件检修 ^g	-	-	-	-	√
<p>^a 90d代表运行90天维护内容。</p> <p>^b S表示每次有人进入单点系泊装置（不管什么原因），都应在相关位置进行的维护。</p> <p>^c “1年”表示第1年的电滑环检修维护。</p> <p>^d “年度”表示第1年以后，除第5年、第10年、第15年、第20年的年度电滑环检修维护。</p> <p>^e “5年”表示第5年、第10年、第15年、第20年的电滑环检修维护。</p> <p>^f 需停电进行检修的项目。</p> <p>^g 需开盖进行检修的项目。</p> <p>注：“√”为必检项目，“-”为非必检项目</p>						

5.5 基于设备状态的周期调整

对于需停电进行检修的项目，可依据自身设备状态、地域环境、系统结构等，酌情延长或缩短检修周期，调整后的周期一般不小于1年，也不大于表1中周期的1.5倍。

5.6 可延迟检修的条件

符合以下各项条件，需停电进行检修的项目可以在周期调整后的基础上延迟1年：

- 检修中未见可能危及该设备安全运行的任何异常；
- 带电检测显示设备状态良好；
- 上次检修与其前次检修结果相比无明显差异；
- 没有任何可能危及设备安全运行的缺陷，如滑环异常温升、轴承卡顿、油液渗漏等；
- 上次检修以来，没有经受严重的不良工况。

5.7 需提前检修的情形

有下列情形之一的设备，需提前或尽快安排例行检修：

- 检修中发现有异常，此异常可能是重大质量隐患所致；
- 带电检测显示设备状态不良；
- 温度检测装置监测到电滑环系统温度存在明显异常上升趋势；
- 之前的检修数据有朝着注意值或警示值方向发展的明显趋势，或者接近注意值或警示值；
- 存在重大缺陷，如绝缘子或电缆绝缘不良、漏油严重等；
- 经受了较为严重不良工况。

如初步判定设备继续运行有风险，则不论是否到期，都应列入最近的年度检修计划，期间应根据具体情况加强跟踪监测。情况严重时，应尽快退出运行，进行检修。

6 检修维护方法

6.1 项目及方法

电滑环检修维护项目及方法见表2。

表2 检修维护项目及方法

序号	类别	项目	检查方法	处理措施
1	外观维护	基座及外壳	6.2.1.	6.2.2
		电滑环外部连接件		
		电缆及填料函		
		油位、排气孔及正压状态		
2	接口维护	螺栓的总体情况	6.3.1	6.3.2
		法兰连接螺栓		
3	电气检修	绝缘介质检修	6.4.1.1	6.4.2.1
		回路电阻检修 ^a	6.4.2.1	6.4.2.2
		绝缘电阻检修 ^a	6.4.3.1	6.4.3.2

序号	类别	项目	检查方法	处理措施
		绝缘强度检修 ^a	6.4.4.1	6.4.4.2
4	机械检修	摩擦力矩检修	6.5.1.1	6.5.1.2
		腔体密封检修 ^a	6.5.2.1	6.5.2.2
5	内部检修	接线箱检修 ^{a,b}	6.6.1.1	6.6.1.2
		环道及内部器件检修 ^{a,b}	6.6.2.1	6.6.2.2
^a 停电检修项目 ^b 当电气检修和机械检修存在无法修复异常则开展此项检修				

6.2 外观维护

6.2.1 检查方法

通过目视检查以下各项并符合要求：

- 电滑环机座和外壳各工作面上应无锈迹、碰伤、明显划痕及污损；
- 电滑环外部连接部位无绝缘油渗漏情况；
- 电缆及填料函外观完好无破损；
- 油浸型电滑环检查油液位、排气孔及正压状态满足厂家要求。

6.2.2 处理措施

如有不符合项进行如下处理：

- 电滑环机座和外壳各工作面、铭牌内容如有污损，应进行清理和除锈；
- 电滑环外部连接部位如有渗漏应对密封件进行更换；
- 电缆及填料函外观如有破损应进行相应更换；
- 油液位低于要求值应及时补充同标号变压器油至要求范围，清理排气孔确保排气通畅；正压不足检查气源压力情况并及时更换。

6.3 接口维护

6.3.1 检查方法

通过目视及扭矩扳手测扭矩检查以下各项并符合要求：

- 电滑环电缆应不受力，各机械结构连接可靠；
- 螺栓扭矩可参照生产厂家设计依据，如 DIN 25201-1 等进行检查。

6.3.2 处理措施

螺栓扭矩检查不符合要求使用扭矩扳手打紧至要求值。

6.4 电气检修

6.4.1 绝缘介质检修

6.4.1.1 检查方法

绝缘油进行如下并符合要求：

- 利用输油专用橡胶软管，一端连接滑环放油口，一端安装控制球阀；
- 取样前等球阀向外接油盒里流淌 5s~10s 冲洗管路及球阀内杂质，控制球阀的开度并用取样瓶接住放油阀口；
- 取样瓶应保持干燥清洁，等待取样瓶内盛装 50%~70%油样时，关闭放油阀门，将取样瓶密封，取样体积不小于 500 ml；
- 参考 GB/T 7595-2017 中表 1 中检测方法对绝缘油的关键性指标（如水分、击穿电压等）进行取样检测，检测结果应满足 GB/T 7595-2017 中表 1 中质量指标的要求。

6.4.1.2 处理措施

油浸式电滑环变压器油取样不合格则应先考虑是否可以通过滤油机现场循环过滤达到要求，如无法通过滤油机处理则建议按相同标号更换绝缘介质。

6.4.2 回路电阻检修

6.4.2.1 检查方法

将待检回路接入回路电阻测试仪，测试电流选择100 A，测试时间10 s，记录测试结果，回路电阻测试结果不大于出厂试验测试值。

6.4.2.2 处理措施

回路测试结果不符合要求首先应检查该回路上电缆的连接情况，其次拆开接线箱和滑环本体检查内部电气连接情况以及接触模块和环道的磨损情况，对连接处进行螺栓打紧和加固，对磨损严重的接触模块和环道进行更换。

6.4.3 绝缘电阻检修

6.4.3.1 检查方法

绝缘电阻进行如下检查并符合要求：

- a) 将主回路所有环路短接在一起，外壳接地，将绝缘电阻测试仪一端接环路（接线端子），另一端接外壳（任意位置），测量环路与外壳（地）之间的绝缘电阻；
- b) 选取主回路中的 A-a 环，并将其它环路与外壳一起接地，把绝缘电阻测试仪一端接 A-a 环路（接线端子），另一端接其它环路（接线端子），测量环路与环路之间的绝缘电阻。选取 B-b、C-c 环路，重复以上检验过程；
- c) 检验电压按照 GB 50150-2016 第 3 章要求，对于额定电压不小于 10 kV 的电滑环，选取 DC5000V 档位，取 60 s 电阻值 R_{60} 作为绝缘电阻值；
- d) 额定电压不小于 10 kV 的电滑环绝缘电阻应不小于 1 G Ω ，额定电压小于 10 kV 的电滑环绝缘电阻至少为额定电压数值的 1000 倍。

6.4.3.2 处理措施

绝缘电阻检查不符合要求应先定位故障位置，处理措施如下：

- a) 如属于接线箱内部故障，应检查接线箱密封情况，检查接线箱内部高压电缆头损坏情况，绝缘子老化情况，根据损坏情况更换相关元器件；
- b) 如属于电滑环内部故障，应进行整体拆检，检查内部绝缘支撑损坏或老化情况，绝缘介质污染情况，更换相应电气元件，或对绝缘介质进行过滤或更换。

6.4.4 绝缘强度检修

6.4.4.1 检查方法

绝缘强度进行如下检查并符合要求：

- a) 将电滑环主回路所有环路短接，外壳接地，将耐压测试仪接环路（任意接线端子），按 GB/T 16927.1-2011 中 5.3.1 要求进行干式工频耐受电压试验。每一试验条件下，将试验电压升到试验值维持 1 min，试验电压值参照 GB/T 311.1-2012 中表 2 的要求或 IEC 60071-1:2011 中表 2 的要求；
- b) 选取主回路中的其中 A-a 环，并将其它两环与外壳一起接地，把耐压测试仪连接选取的检验环路（接线端子），按 a) 中要求加电压；
- c) 选取 B-b、C-c 环路及接地环重复以上检验过程，工频耐压检验过程中不应出现高压击穿及检验设备跳闸现象；
- d) 为降低绝缘损耗，可将电滑环接入供电系统后进行额定空载试验，将电压升至额定值，试验时间可适当延长，同时检验各环路之间以及与外壳（地）之间的耐压性能，额定空载试验应未出现异常放电及击穿。

6.4.4.2 处理措施

若检查时出现异常放电及击穿应在充分放电后检查电压击穿位置，根据实际情况更换电气元件。

6.5 机械检修

6.5.1 摩擦力矩检修

6.5.1.1 检查方法

摩擦力矩进行如下检查并符合要求：

- a) 将电滑环转动拨叉与单点传动部分进行脱离；
- b) 在拨叉部分加装力矩检验工装；
- c) 将拉力计一端连接在工装端部，垂直于工装力臂并在电滑环转动中心轴法平面内施加作用力至电滑环开始转动，转动过程应连续，无异常情况；
- d) 分别记录两个方向的拉力计数值；
- e) 根据计数值计算摩擦力矩，摩擦力矩计算公式见式（1），摩擦力矩应满足滑环设计要求。

$$T = F \times L \dots\dots\dots(1)$$

式中：

T ——电滑环摩擦力矩，单位为 $N \cdot m$ ；

F ——拉力计数值，单位 N ；

L ——检验工装端部至电滑环转动中心轴之间的距离，单位为 m 。

6.5.1.2 处理措施

摩擦力矩检查不符合要求应对轴承进行修复或更换。

6.5.2 腔体密封检修

6.5.2.1 检查方法

在密封腔体处设置加压孔和测压孔，利用高压气泵或气瓶向壳体内部加仪表风或氮气，至气压达到试验气压（0.5 bar ~1 bar），保压1 h 后，用泡沫水喷满壳体进行漏气测试，壳体表面和焊接处应无气泡冒出。

6.5.2.2 处理措施

若检查存在泄漏或密封性能下降则应修复泄漏点或更换密封件，对内部元器件进行清洁及干燥处理。

6.6 内部检修

6.6.1 接线箱检修

6.6.1.1 检查方法

接线箱进行如下检查并符合要求：

- a) 拆除外套筒检查高压接头及高压线缆外观应完整无破损，电气连接应牢固可靠；
- b) 检查其它内部元器件如轴承、密封件应无磨损或者老化；
- c) 按 6.5.1 进行摩擦力矩检查；
- d) 按 6.5.2 进行腔体密封检查；
- e) 按 6.4.3 进行绝缘电阻检查；
- f) 按 6.4.4 进行绝缘强度检查。

6.6.1.2 处理措施

对检查不符合项进行如下处理：

- a) 高压接头及高压线缆外观如有缺陷应及时修复或更换，松动的电气连接进行紧固和修复；
- b) 轴承和密封件进行相应修复及更换，如无明显损坏则利用无水酒精及无纺布对高压绝缘部件、高压电缆等部件进行清洁，并向轴承添加润滑脂；

- c) 如 6.6.1.1 中 c) ~f)项检查不符合要求, 进行相应的处理并重新检查;
- d) 完成以上检修用热风枪干燥内部器件;
- e) 最后装回外套筒。

6.6.2 环道及内部器件检修

6.6.2.1 检查方法

环道及内部期间进行如下检查并符合要求:

- a) 首先使用工业内窥镜观察电滑环内部状况, 如有必要利用真空滤油机排空内部绝缘油后拆除电滑环主体外套筒, 电滑环内部应清洁无异物碎屑等异常情况, 对于气体绝缘电滑环除上述要求外内部应保持干燥无水珠出现;
- b) 进一步检查内部环道及接触模块情况, 使用专用工装检测环道的装配同心度及端跳, 内部滑道及接触模块应保持可靠接触, 无明显磨损情况;
- c) 检查内部电气连接及绝缘支承连接, 内部电气连接及绝缘支承连接应牢固可靠;
- d) 目视检查轴承和密封部件的外观应完整;
- e) 按 6.5.1 进行摩擦力矩检查;
- f) 按 6.5.2 进行腔体密封检查;
- g) 按 6.4.2 进行回路电阻检查;
- h) 按 6.4.3 进行绝缘电阻检查;
- i) 按 6.4.4 进行绝缘强度检查。

6.6.2.2 处理措施

对检查不符合项进行如下处理:

- a) 对电滑环内部进行清洁清理和干燥处理;
- b) 接触模块如磨损应进行调整或更换;
- c) 对内部不可靠电气连接进行紧固和修复, 更换受损的绝缘支承;
- d) 轴承和密封部件有磨损或老化情况对相应部件进行修复或更换;
- e) 如 6.6.2.1 中 e) ~i)项检查不符合要求, 进行相应的处理并重新检查;
- f) 以上检修完成后装回外套筒, 注绝缘油。

7 检修维护记录

7.1 电滑环制造商或技术服务企业应提供检修维护和验收的清单。

7.2 根据检修清单内容进行各项检修, 填写检修记录, 记录表可参考附录 A, 做好归档。

附录 A
(资料性)
数据记录表格

表 A.1 回路电阻检修记录表

序号	项目	检修要求	检修结果	结论
1	A-a	6.4.2		
2	B-b			
3	C-c			
数据记录人员: 日期:				

表 A.2 绝缘电阻检修记录表

序号	项目	检修要求	检修结果	结论
1	AaBbCc-外壳(地)	6.4.3		
2	Aa-BbCc 外壳(地)			
3	Bb-AaCc 外壳(地)			
4	Cc-AaBb 外壳(地)			
数据记录人员: 日期:				

表 A.3 绝缘强度检修记录表

序号	项目	检修要求	检修结果	结论
1	AaBbCc-外壳(地)	6.4.4		
2	Aa-BbCc 外壳(地)			
3	Bb-AaCc 外壳(地)			
4	Cc-AaBb 外壳(地)			
数据记录人员: 日期:				

表 A.4 摩擦力矩检修记录表

序号	项目	检修要求	检修结果	结论
1	顺时针转动力矩	6.5.1		
2	逆时针转动力矩			
数据记录人员: 日期:				

表 A.5 腔体密封检修记录表

序号	项目	检修要求	检修结果	结论
1	接线箱密封	6.5.2		
2	滑环主体密封			
数据记录人员: 日期:				