

团 体 标 准

T/CES 178—2022

船用中压直流接触器

Medium-Voltage DC contactor in ships

2022-12-19 发布

2022-12-21 实施

中国电工技术学会 发布

目 次

| | |
|------------------------|-----|
| 前言..... | III |
| 引言..... | IV |
| 1 范围..... | 1 |
| 2 规范性引用文件..... | 1 |
| 3 术语和定义..... | 1 |
| 4 技术要求..... | 1 |
| 4.1 额定电压 U_r | 1 |
| 4.2 额定绝缘电压 U_i | 2 |
| 4.3 额定电流 I_r | 2 |
| 4.4 临界电流..... | 2 |
| 4.5 额定控制电压..... | 2 |
| 4.6 环境条件..... | 2 |
| 4.7 结构..... | 2 |
| 4.8 材料..... | 3 |
| 4.9 绝缘水平..... | 4 |
| 4.10 电气间隙和爬电距离..... | 4 |
| 4.11 操作性能..... | 4 |
| 4.12 回路电阻..... | 4 |
| 4.13 温升..... | 5 |
| 4.14 过载电流耐受性能..... | 5 |
| 4.15 接通和分断性能..... | 5 |
| 4.16 寿命..... | 6 |
| 4.17 与短路保护装置的配合性能..... | 7 |
| 4.18 耐倾斜摇摆性能..... | 7 |
| 4.19 耐振动性能..... | 7 |
| 4.20 耐低温性能..... | 7 |
| 4.21 耐高温性能..... | 7 |
| 4.22 耐湿热性能..... | 7 |
| 4.23 耐霉性能..... | 7 |
| 4.24 耐盐雾性能..... | 7 |
| 4.25 电磁兼容性 (EMC)..... | 8 |
| 5 试验方法..... | 8 |
| 5.1 外观检查..... | 8 |
| 5.2 绝缘电阻..... | 8 |
| 5.3 工频耐受电压试验..... | 8 |
| 5.4 额定雷电冲击耐受电压试验..... | 9 |
| 5.5 操作性能..... | 9 |
| 5.6 回路电阻测量..... | 9 |

| | | |
|------|--------------------|----|
| 5.7 | 温升试验 | 9 |
| 5.8 | 过载电流耐受试验 | 9 |
| 5.9 | 接通和分断性能试验 | 9 |
| 5.10 | 寿命试验 | 9 |
| 5.11 | 与短路保护装置（SCPD）的配合试验 | 10 |
| 5.12 | 临界电流试验 | 10 |
| 5.13 | 耐倾斜摇摆性能试验 | 10 |
| 5.14 | 耐振动性能试验 | 10 |
| 5.15 | 耐低温性能试验 | 10 |
| 5.16 | 耐高温性能试验 | 10 |
| 5.17 | 耐湿热性能试验 | 10 |
| 5.18 | 耐霉性能试验 | 10 |
| 5.19 | 耐盐雾性能试验 | 10 |
| 5.20 | 电磁兼容性试验 | 11 |
| 6 | 检验规则 | 11 |
| 6.1 | 检验分类 | 11 |
| 6.2 | 试验项目及顺序 | 11 |
| 6.3 | 型式试验 | 12 |
| 6.4 | 出厂试验 | 12 |
| 6.5 | 抽样试验 | 12 |
| 6.6 | 特殊试验 | 12 |
| 6.7 | 样品处理 | 12 |
| 6.8 | 试品不合格处理 | 12 |
| 7 | 标志、包装、运输 | 12 |
| 7.1 | 标志 | 12 |
| 7.2 | 包装 | 13 |
| 附录 A | （规范性附录） 绝缘水平 | 14 |
| 附录 B | （规范性附录） 爬电距离推荐值 | 15 |
| 附录 C | （规范性附录） 临界电流试验 | 16 |
| C.1 | 概述 | 16 |
| C.2 | 单向接触器 | 16 |
| C.3 | 双向接触器 | 16 |
| C.4 | 临界电流性能 | 16 |
| 附录 D | （规范性附录） 寿命试验 | 17 |
| D.1 | 机械寿命 | 17 |
| D.2 | 电寿命 | 18 |
| | 参考文献 | 19 |

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。

本文件由中国电工技术学会提出。

本文件由中国电工技术学会标准工作委员会船舶电气标准化工作组归口。

本文件起草单位：上海电器科学研究所（集团）有限公司、上海电器科学研究院、中国船舶集团有限公司第七〇四研究所、常熟市国瑞科技股份有限公司、泰州亿丰达电器有限公司。

本文件主要起草人：崔爱强、吴斌、江舒、张学瑾、秦钢华、万政。

本文件为首次发布。

引 言

船舶中压直流综合电力系统已成为船舶电力系统发展的主要趋势之一，为支撑船舶中压直流综合电力系统的发展应用，船用中压直流接触器作为系统中重要的控制电器设备得以快速发展应用，制定船用中压直流接触器专用标准有利于规范相关技术要求，同时填补了该产品在领域的空白，解决目前该产品无标准可依的问题。

本文件的制定将为船用中压直流接触器产品的设计、生产制造及检验提供依据，为进一步推进船用中压直流接触器产业结构的完整及优化、对船用中压直流接触器行业的发展起到技术主导和质量规范作用，有助于提高产品的市场竞争力。

船用中压直流接触器

1 范围

本文件规定了船用中压直流接触器的术语和定义、分类、性能要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输条件。

本文件适用于直流 1 500V 以上至 4 000V 的船用电力系统的直流接触器。

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 191—2008 包装储运图示标志

GB/T 762 标准电流等级

GB/T 2423.16—2022 环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 J 和导则：长霉

GB/T 2900.1 电工术语 基本术语

GB/T 2900.20 电工术语 高压开关设备和控制设备

GB/T 3783—2019 船用低压电器基本要求

GB/T 4207—2022 固体绝缘材料耐电痕化指数和相比电痕化指数的测定方法

GB/T 11022—2020 高压交流开关设备和控制设备标准的共有技术要求

GB/T 13384—2008 机电产品包装通用技术条件

GB/T 14048.1—2012 低压开关设备和控制设备 第 1 部分：总则

GB/T 14048.4—2020 低压开关设备和控制设备 第 4-1 部分 接触器和电动机起动器 机电式接触器和电动机起动器（含电动机保护器）

GB/T 14808—2016 高压交流接触器、基于接触器的控制器及电动机起动器

JB/T 834—1999 热带型低压电器技术要求

JB/T 2290—2020 船用低压接触器和交流电动机起动器

3 术语和定义

GB/T 2900.1、GB/T 2900.20、GB/T 11022—2020 和 GB/T 14808—2016 界定的术语和定义适用于本文件。

4 技术要求

4.1 额定电压 U_r

船用中压直流接触器（简称接触器）的额定电压应优先采用表 A.1 中的规定值。

4.2 额定绝缘电压 U_i

接触器的额定绝缘电压应优先采用表 A.1 中的规定值。

4.3 额定电流 I_r

接触器额定电流应优先采用 GB/T 762 中的规定值。

4.4 临界电流

接触器临界电流低于接通分断电流值，在此电流下燃弧时间最长，且明显长于接通分断电流的燃弧时间。

除产品规范另有规定外，接触器临界电流的燃弧时间不应超过 400ms。

4.5 额定控制电压

接触器额定控制电压优先采用：AC 220V、AC 380V 或 DC 24V、DC 110V、DC 220V。

4.6 环境条件

接触器应在表 1 的环境条件下正常工作。

表 1 环境条件

| 环境因素 | 正常工作环境条件 |
|------------------------|------------------------------|
| 周围空气温度最高值 | 45℃ |
| 周围空气温度最低值 | 0℃（适用于一般舱室） -25℃（适用于露天甲板） |
| 倾斜 | 横倾≤22.5°、纵倾≤10° |
| 摇摆 | 横摇≤22.5°、纵摇≤10° |
| 注 1：有船舶正常营运中所产生的振动和冲击。 | |
| 注 2：有潮湿空气、盐雾、油雾和霉菌。 | |

4.7 结构

4.7.1 尺寸

接触器的外形尺寸应符合接触器图样要求。

4.7.2 外观

接触器表面质量应符合下列要求：

- 金属零部件应没有破（断）裂、变形、锐边、毛刺等；
- 电镀零部件表面应光亮、平整、无锈蚀；
- 塑料零部件表面应无气泡、裂纹、缩孔、翘曲等缺陷；
- 涂漆件应避免表面粗糙。

4.7.3 铭牌

接触器铭牌上的文字和数据应耐久、清晰，铭牌应牢固地固定在其明显位置。并应至少标出以下项目和数据：

- 制造商名称或商标；

- b) 产品名称、型号；
- c) 额定电压、额定电流、直流符号；
- d) 额定控制电压；
- e) 出厂日期和出厂编号。

4.7.4 标识

接触器接地端子使用图形符号⊕标志，除产品规范另有规定外，接地螺钉的最小尺寸应不小于表2的规定。

有极性的接触器应在其明显位置设有耐久、清晰的正（或+）、负（或-）极性标识符号。

表2 接地螺钉的最小尺寸

| 额定约定发热电流 I_{th} A | 接地螺钉最小尺寸 mm |
|----------------------------|-------------|
| $I_{th} \leq 20$ | M4 |
| $20 < I_{th} \leq 200$ | M6 |
| $200 < I_{th} \leq 630$ | M8 |
| $630 < I_{th} \leq 1\ 000$ | M10 |
| $1\ 000 < I_{th}$ | M12 |

4.7.5 灭弧介质

接触器灭弧介质优先推荐为空气。

4.7.6 安装方式

接触器可采用固定式、移动式等安装方式，优先推荐采用固定式安装。移动式安装应考虑联锁功能。

4.7.7 操作机构

接触器可采用电磁铁操作机构、弹簧操作机构、永磁操作机构等操作机构，优先推荐采用电磁铁操作机构。

4.7.8 保持方式

接触器合闸保持可采用机械保持、电磁保持、永磁保持等方式，优先推荐采用机械保持方式。

4.8 材料

4.8.1 通用要求

接触器使用材料的性能应满足下列要求：

- a) 耐久性：材料的电气性能和机械性能在规定的使用条件下应有足够的稳定性和使用寿命；
- b) 耐潮性：接触器一般采用防潮材料制造；如果所用材料不具有耐潮性，则应在材料表面采取防潮措施；
- c) 耐霉性：接触器绝缘件应采用防霉材料制造，不应使用短效杀菌剂以提高材料的抗霉性能；
- d) 滞燃性、不燃性：接触器应采用滞燃性、不燃性材料制造，不应使用非永久性的添加剂来提高材料的滞燃性、不燃性；
- e) 低磁性（磁回路除外）：一般应采用相对磁导率不大于2.0的非磁性金属；
- f) 相容性：指防止不同金属间的电解腐蚀性；绕制线圈、绕组用的电磁线应与其本身或周围的绝缘材料有良好的相容性；

g) 耐热性：主要考虑材料的允许温升。

4.8.2 涂漆

接触器未经防腐蚀处理或不是耐腐蚀材料制成的金属零部件，应按 JB/T 834—1999 的要求涂漆。允许对因装配、试验或其他工厂制造的标记或刻痕进行修整。

4.8.3 镀层

接触器的金属材料应具有耐腐蚀性能，载流部件的连接处与连接端子、导电铜排等接触的载流表面应镀银、镀镍或镀锡，镀层应符合 JB/T 834—1999 的要求。

4.9 绝缘水平

4.9.1 绝缘电阻

在环境温度为 15℃~35℃，湿度为 20%~80%的条件下，接触器的绝缘电阻需要满足如下要求：

- a) 主回路各电路带电部件之间和带电部件与地之间的绝缘电阻值应不小于 100MΩ；控制回路、辅助回路各电路带电部件之间和带电部件与地之间的绝缘电阻值应不小于 10MΩ；
- b) 在湿热试验或其他性能试验后性能验证，主回路绝缘电阻值应不小于 10MΩ；控制回路对地和辅助触头回路对地绝缘电阻值应不小于 1MΩ。

4.9.2 额定短时工频耐受电压

接触器主回路工频耐压值按表 A.1 中的规定的工频耐压值，经 1min 耐压试验，不应发生闪络或击穿。

接触器控制回路对地和辅助触头回路对地的工频耐压值应按表 3 的规定值，经 1min 耐压试验，不应发生闪络或击穿。

表 3 控制、辅助回路的工频耐压值

单位为伏特

| 额定绝缘电压 U_i | 介电试验电压值（有效值） |
|----------------------|--------------|
| $U_i \leq 60$ | 1 000 |
| $60 < U_i \leq 300$ | 2 000 |
| $300 < U_i \leq 690$ | 2 500 |

4.9.3 额定雷电冲击耐受电压

接触器主回路应能够承受表 A.1 中的规定的额定雷电冲击耐受电压值。

4.10 电气间隙和爬电距离

接触器主回路电气间隙应符合表 A.1 中的规定。

接触器主回路爬电距离应满足附录 B 的规定。

接触器控制、辅助回路的电气间隙和爬电距离应符合 JB/T 2290—2020 中 6.1.3 的规定。

4.11 操作性能

额定控制电源电压在 85%~110%范围变化时，接触器应能正常动作。

4.12 回路电阻

接触器回路电阻值应符合产品规范的相关规定。

4.13 温升

接触器额定电流下，各部件的温升应不超过表 4 的规定值。

表 4 接触器各部件的温升限值

单位为开尔文

| 部件、材料和绝缘介质的类别 | | 环境温度不超过 45℃时的温升极限 |
|----------------------------------|---------|---------------------|
| 线圈绝缘材料等级 | A 级 | 60 |
| | E 级 | 75 |
| | B 级 | 85 |
| | F 级 | 110 |
| | H 级 | 135 |
| 用螺栓或螺钉与外部导体连接的端子： | | |
| | ——裸铜 | 55 |
| | ——裸锡 | 60 |
| | ——镀银、镀镍 | 65 |
| 在正常操作中可触及的金属/非金属部件 | | 25/35 |
| 在正常操作中不可触及的金属/非金属部件 | | 35/45 |
| 主电路载流部件与绝缘邻近处 | | 应不影响相邻绝缘材料绝缘性能的允许温升 |
| 注 1：主回路在寿命试验后或者短时工作制中温升允许提高 10K。 | | |
| 注 2：任何工况下，控制电路的线圈温升不得超过表中规定值。 | | |

4.14 过载电流耐受性能

接触器在使用中需要短时耐受过载时，应规定短时耐受电流能力。

接触器过载电流耐受性能应符合制造商产品规范的规定，过载电流耐受性能参数应包括电流值和作用时间两项。在没有特殊要求的情况下，对于额定电流不大于 630A 的接触器应能耐受 8 倍额定电流，作用时间 10s。对于额定电流大于 630A 的接触器允许适当降低作用时间进行试验。

试验后接触器应不产生触头熔焊、断开和机械零部件及绝缘部件的变形、位移、损伤等现象。

4.15 接通和分断性能

除产品规范另有规定外，接触器应能接通和分断表 5 中与使用类别相对应的电流，操作循环次数为 50 次（若接触器为双向直流接触器，则两种电流方向各操作循环次数 25 次）。试验过程不应发生持续燃弧、相间飞弧、触头熔焊且分断燃弧时间不得大于 400ms。

表 5 不同使用类别的接通与分断能力的接通和分断条件

| 使用类别 | 典型负载举例 | 接通和分断（通断）条件 | | | |
|--------------------------------|-------------|-------------|---------|-------------|-----------|
| | | I/I_r | U/U_r | L/R ms | 通电时间 s |
| DC-1 | 无感或微感负载、电阻炉 | 1.5 | 1.05 | 1.0 | 0.05 |
| DC-3 | 并激电动机 | 4.0 | 1.05 | 2.5 | 0.05 |
| DC-5 | 串激电动机 | 4.0 | 1.05 | 15.0 | 0.05 |
| 注 1： I_r 为额定电流； U_r 为额定电压。 | | | | | |
| 注 2： L/R 的允许误差±15%。 | | | | | |

除产品规范另有规定外，接触器试验间隔时间不应超过表 6 的规定值。若试验间隔时间大于表 6 规定值，需由用户和制造商协定或在接触器试验报告和产品说明中标明。

试验后，接触器操作性能应符合 4.11 规定要求。

表 6 接通与分断能力时分断电流和间隔时间的关系

| 分断电流 I A | 间隔时间 s |
|--------------------------|-----------|
| $I \leq 100$ | 10 |
| $100 < I \leq 200$ | 20 |
| $200 < I \leq 300$ | 30 |
| $300 < I \leq 400$ | 40 |
| $400 < I \leq 600$ | 60 |
| $600 < I \leq 800$ | 80 |
| $800 < I \leq 1\ 000$ | 100 |
| $1\ 000 < I \leq 1\ 300$ | 140 |
| $1\ 300 < I \leq 1\ 600$ | 180 |
| $1\ 600 < I \leq 2\ 500$ | 240 |
| $2\ 500 < I$ | 用户和制造商协定 |

4.16 寿命

4.16.1 电寿命

接触器电寿命参数要求应符合产品规范的规定。接触器的电寿命在额定条件下，不修理和不更换任何零部件所能承受的有载操作次数来表示。

接触器电寿命的操作频率（次/h）可按如下频率进行选取：

1、3、6、15、30、60、120、300、600。

具体值的选取可由制造厂根据接触器的实际使用工况确定。但是接触器试验报告和相关的产品资料中应注明电寿命的操作频率。

电寿命试验后，接触器性能应符合下列规定：

- 操作性能室温下应符合 4.11 规定要求，且连接导线用的零部件不松动；
- 不同极带电部件之间，各电路带电部件与地之间绝缘电阻应满足 4.9.1 的要求；
- 应按 85% 的工频试验电压进行工频耐压试验，历时 1min，结果应符合 4.9.2 的要求；
- 应进行温升试验，结果应符合 4.13 的要求。

4.16.2 机械寿命

接触器机械寿命次数应符合产品规范的相关规定。接触器的机械寿命用其在需要维修或更换机械零件前所能承受的无载操作循环次数来表示。除产品规范另有规定外，接触器机械寿命操作频率应以不低于电寿命操作频率进行试验。

机械寿命试验后，接触器性能应符合下列规定：

- 操作性能室温下应符合 4.11 规定要求，且连接导线用的零部件不松动；
- 不同极带电部件之间，各电路带电部件与地之间绝缘电阻应满足 4.9.1 的要求；
- 应按 85% 的工频试验电压进行工频耐压试验，历时 1min，结果应符合 4.9.2 的要求。

4.17 与短路保护装置的配合性能

除产品规范另有规定外，接触器与短路保护装置的配合性能应符合 GB/T 14808—2016 中 4.107 的规定。

4.18 耐倾斜摇摆性能

接触器的耐倾斜摇摆性能应符合 JB/T 2290—2020 中 6.1.12.1 的规定。试验中和试验后，接触器的操作性能应符合本标准中 4.11 规定要求。

4.19 耐振动性能

接触器的耐振动性能应符合 JB/T 2290—2020 中 6.1.12.2 的规定。在振动试验时，接触器应无紧固件松动、无机械损坏、无误动作和无触头弹跳。试验中和试验后，接触器的操作性能应符合本标准中 4.11 规定要求。

4.20 耐低温性能

安装在一般舱室的接触器应具备在 0℃ 低温环境中，保持 2h，其操作性能符合 4.11 规定要求。
安装在露天甲板的接触器应具备在 -25℃ 低温环境中，保持 2h，其操作性能符合 4.11 规定要求。
接触器应具有在运输、贮存耐低温的性能。除产品标准另有规定，接触器按 -25℃ 进行 16h 低温试验，试验后恢复至正常条件下，接触器的操作性能应符合 4.11 规定要求。

4.21 耐高温性能

安装在一般舱室的接触器应具备在 55℃ 高温环境中，保持 16h，其操作性能符合 4.11 规定要求。
安装在露天甲板或有高温、振动和来自其他设备产生的热量的围蔽处所的接触器应具备在 70℃ 高温环境中，保持 16h，其操作性能符合 4.11 规定要求。
接触器应具有在运输、贮存耐高温的性能。除产品规范另有规定，安装在一般舱室的接触器按 70℃ 进行 2h 高温试验，试验后恢复至正常条件下，接触器的操作性能应符合 4.11 规定要求。

4.22 耐湿热性能

接触器应具有耐湿热性能。经 55℃、二周期交变湿热试验后，恢复 12h~24h 后，其性能应符合下列规定：

- a) 不同极带电部件之间，各电路带电部件与地之间绝缘电阻应满足 4.9.1 的要求；
- b) 应按 85% 的工频试验电压进行工频耐压试验，历时 1min，结果应符合 4.9.2 的要求；
- c) 操作性能应符合 4.11 的规定；
- d) 外壳不应有变形和裂缝，油漆层、镀锌不应起泡和脱落。

4.23 耐霉性能

接触器的耐霉性能应符合 JB/T 2290—2020 中 6.1.1.4 的规定。其外露于空气中的绝缘零部件经 28 天长霉试验后，长霉面积不得超过 GB/T 2423.16—2022 规定的长霉等级 2b。

4.24 耐盐雾性能

接触器的耐盐雾性能应符合 JB/T 2290—2020 中 6.1.1.5 的规定。其外露于空气中的金属零部件经试验后，外观变化应符合本标准中表 7 规定。若采用其他的金属表面防腐工艺，盐雾试验后肉眼检查金属主要表面无明显变质和腐蚀现象。

表 7 盐雾试验的合格要求

| 镀层类别 | 底金属 | 合格要求 |
|--------|-------|------------------|
| 锌 | 碳钢 | 主要表面无白色或灰黑色腐蚀物 |
| 铬 | 碳钢 | 主要表面无明显腐蚀物 |
| 镍或高锡青铜 | 铜和铜合金 | 主要表面无明显灰色或浅绿色腐蚀物 |
| 锡 | 铜和铜合金 | 主要表面无明显灰黑色腐蚀物 |
| 银、金 | 铜和铜合金 | 主要表面无明显铜绿 |

4.25 电磁兼容性 (EMC)

除产品规范另有规定外，接触器电磁兼容性应符合 GB/T 3783—2019 中 7.2.10 的规定。

5 试验方法

5.1 外观检查

目测和有关量具检查接触器的外形尺寸、结构和安全性等。结果应符合 4.7.1、4.7.6、4.7.7、4.7.8、4.8.2、4.8.3 的有关规定及相应产品图样的要求。

5.2 绝缘电阻

测量接触器各电路之间或各电路对地之间的绝缘电阻值，应在环境温度为 15℃~35℃，湿度为 20%~80%的条件下进行，测量绝缘电阻值的兆欧表按表 8 的规定，结果应符合 4.9.1 的要求。

表 8 兆欧表电压值

单位为伏特

| 额定绝缘电压 U_i | 最小试验电压 |
|-------------------------|--------|
| $U_i \leq 60$ | 250 |
| $60 < U_i \leq 690$ | 500 |
| $690 < U_i \leq 3\ 000$ | 1\ 000 |

5.3 工频耐受电压试验

试验按 GB/T 11022—2020 中 7.2.7.2 的规定进行，应进行干试，对具有外绝缘的户外接触器还应进行湿试。

试验电压值应按本标准中表 A.1 的规定，试验电压升到试验值后维持 1min。

试验电压按下述部位施加：

a) 主回路：

- 1) 主触头闭合时，接触器正负极之间；
- 2) 主触头闭合时，接触器主回路对地之间；
- 3) 主触头断开时，各进出接线端之间。

b) 控制及辅助回路（与电力电子部件断开）：

- 1) 连接在一起的通常不接至主电路的所有控制及辅助电路对地之间；
- 2) 如果需要，当正常工作时可能与其他部分绝缘的控制及辅助电路的每一部件与连接在一起的所有其他部件之间。

试验结果应符合本标准中 4.9.2 的要求。

5.4 额定雷电冲击耐受电压试验

试验按 GB/T 11022—2020 中 7.2.7.3 的规定对接触器主回路进行额定雷电冲击耐受电压试验，应在干燥状态下承受额定雷电冲击电压试验。

试验应在 1.2/50 μ m 雷电冲击波电压下进行，试验电压值应按本标准中表 A.1 的规定，主回路试验电压施加部位同本标准中 5.3。

试验结果应符合本标准中 4.9.3 的要求。

5.5 操作性能

接触器分别施加 85%和 110%额定控制电源电压，接触器应可靠地合分闸操作，符合 4.11 的要求。

5.6 回路电阻测量

试验应采用直流测量接触器每极主回路端子间的电阻或电压降。试验电流应选取 100A 到额定电流之间的任意值，如果接触器额定电流小于 100A，主回路电阻的测量应以额定电流进行。

出厂试验中，接触器主回路每极电压降或电阻的测量，应尽可能在与相应的型式试验相似的条件（周围空气温度和测量部位）下进行。

5.7 温升试验

试验按 JB/T 2290—2020 中 7.2.3.3 的规定进行，试验过程中，周围空气温度应在 10℃~45℃ 范围内，且其变化不超过 10K。

若接触器保持方式是非电保持，接触器的电磁线圈应施加 100%额定控制电源电压，合分频率为 120 次/h，连续 10 次。采用电阻法测量电磁线圈的温升。

接触器应在温升试验前，在周围空气温度下测量直流电压降或电阻，还应在温升试验后，接触器冷却至周围空气温度下测量直流电压降或电阻。试验后，主回路的回路电阻值相差不应超过 20%。

试验结果应符合本标准中 4.13 的规定。

5.8 过载电流耐受试验

按 GB/T 14808—2016 中 6.103 的规定进行，结果应符合本标准中 4.14 的要求。

5.9 接通和分断性能试验

按 GB/T 14048.4—2020 中 9.3.3.5 的规定进行，试验参数条件及试验结果应符合本标准中 4.15 的要求。

5.10 寿命试验

5.10.1 试验要求

接触器寿命试验可按照 5.10.2 和 5.10.3 的方法顺序连续进行，结果应符合 4.16 的要求。

若接触器为两极以上的接触器，电寿命试验前后应测量验证接触器各极的分闸不同期性能，接触器的分闸不同期可用时间或者距离表示。接触器分闸不同期性能应满足产品规范的规定。

5.10.2 电寿命试验

按附录 D.2 的规定进行，结果应符合 4.16.1 的要求。

5.10.3 机械寿命试验

按附录 D.1 的规定进行，结果应符合 4.16.2 的规定。

5.11 与短路保护装置（SCPD）的配合试验

按 GB/T 14808—2016 中 6.106 的规定进行，结果应符合本标准中 4.17 的规定。

5.12 临界电流试验

试验按附录 C 的规定进行，试验在常温、额定电压下进行，结果应符合 4.4 的规定。

5.13 耐倾斜摇摆性能试验

按 JB/T 2290—2020 中 7.1.10 的规定进行，接触器从正常安装位置向前、后、左、右四个方向各倾斜 22.5°，试验时间为各方向 15min。接触器从正常安装位置向前后、左右二个水平轴向成 22.5° 摇摆，一个位置转到另一位置的时间为 10s，试验持续时间为 15min。

结果应符合本标准中 4.18 的规定。

5.14 耐振动性能试验

按 JB/T 2290—2020 中 7.1.11 的规定进行，接触器主电路不通电，结果应符合本标准中 4.19 的规定。

5.15 耐低温性能试验

按 JB/T 2290—2020 中 7.2.6 的规定，安装在一般舱室的接触器暴露于 0℃ 低温环境中（安装在露天甲板的接触器暴露于 -25℃ 低温环境中），不通电工作，温度达到稳定后，保持试验温度至少 2h 的条件下，接触器操作性能应符合本标准中 4.11 的规定。接触器运输、贮存耐低温性能的试验结果应符合本标准中 4.20 的规定。

5.16 耐高温性能试验

按 JB/T 2290—2020 中 7.2.7 的规定，安装在一般舱室的接触器应暴露于 55℃ 高温环境中（安装在露天甲板或有高温、振动和来自其他设备产生的热量的围蔽处所的接触器应暴露于 70℃ 高温环境中），通电工作，保持 16h，在试验的最后 1h 内的条件下，接触器操作性能应符合本标准中 4.11 的规定。接触器运输、贮存耐高温性能的试验结果应符合本标准中 4.21 的规定。

5.17 耐湿热性能试验

按 JB/T 2290—2020 中 7.1.5 的规定进行，试验后，在规定的正常试验大气条件下恢复后，再进行检测试验，结果应符合本标准中 4.22 的规定。

5.18 耐霉性能试验

按 JB/T 2290—2020 中 7.1.6 的规定进行，试验周期 28 天，结果应符合本标准中 4.23 的规定。制造厂具有相同工艺的绝缘材料和涂料的耐霉性能试验合格报告，在有效期内可免做本试验。

5.19 耐盐雾性能试验

按 JB/T 2290—2020 中 7.1.7 的规定进行，盐雾试验的周期按本标准中表 9 的规定选择。结果应符合本标准中 4.24 的规定。

表 9 盐雾试验周期

| 盐雾试验周期 | 适用场合 |
|--------|--------------------------|
| 48h | 安装在船舶机舱或其他一般舱室的接触器的金属零部件 |
| 28 天 | 安装在露天甲板的接触器 |

制造厂具有相同工艺的金属镀覆零部件的耐盐雾性能试验合格报告，在有效期内可免做本试验。

5.20 电磁兼容性试验

除产品规范另有规定外，按 GB/T 3783—2019 中 8.6.4 的规定进行，结果应符合本标准中 4.25 的规定。

6 检验规则

6.1 检验分类

接触器的检验试验分为型式试验、出厂试验、抽样试验、特殊试验。

6.2 试验项目及顺序

除产品规范另有规定外，接触器一般按表 10 的试验项目进行相关试验。

表 10 试验项目

| 序号 | 试验程序 | 试验项目 | 型式试验 | 出厂试验 | 抽样试验 | 特殊试验 | 要求章条号 | 试验的章条号 |
|-------------------------|----------------------|---------------------|------|------|------|------|---|--------|
| 1 | I | 外观检查 | ● | ● | — | — | 4.7.1、4.7.6、4.7.7、 4.7.8、4.8.2、4.8.3 | 5.1 |
| 2 | | 绝缘电阻 | ● | ● | — | — | 4.9.1 | 5.2 |
| 3 | | 工频耐受电压试验 | ● | ● | — | — | 4.9.2 | 5.3 |
| 4 | | 额定雷电冲击耐受电压试验 | ● | — | ● | — | 4.9.3 | 5.4 |
| 5 | | 操作性能 | ● | ● | — | — | 4.11 | 5.5 |
| 6 | | 回路电阻测量 | ● | ● | — | — | 4.12 | 5.6 |
| 7 | | 温升试验 | ● | — | ● | — | 4.13 | 5.7 |
| 8 | | 寿命试验 | ● | — | — | ● | 4.16 | 5.10 |
| 9 | II | 临界电流试验 | ● | — | ● | — | 4.4 | 5.12 |
| 10 | III | 接通和分断性能试验 | ● | — | — | — | 4.15 | 5.9 |
| 11 | IV | 与短路保护装置（SCPD）的配合试验 | ● | — | — | ● | 4.17 | 5.11 |
| 12 | V | 过载电流耐受试验 | ● | — | — | — | 4.14 | 5.8 |
| 13 | VI | 耐倾斜摇摆性能试验 | ● | — | — | — | 4.18 | 5.13 |
| 14 | | 耐振动性能试验 | ● | — | — | — | 4.19 | 5.14 |
| 15 | | 耐低温性能试验 | ● | — | — | — | 4.20 | 5.15 |
| 16 | | 耐高温性能试验 | ● | — | — | — | 4.21 | 5.16 |
| 17 | | 耐湿热性能试验 | ● | — | — | — | 4.22 | 5.17 |
| 18 | | 耐霉性能试验 ^a | ● | — | — | — | 4.23 | 5.18 |
| 19 | 耐盐雾性能试验 ^b | ● | — | — | — | 4.24 | 5.19 | |
| 20 | VII | 电磁兼容性试验 | ● | — | — | — | 4.25 | 5.20 |
| 注：“●”为检验项目；“—”为不检验项目。 | | | | | | | | |
| ^a 采用绝缘零部件验证。 | | | | | | | | |
| ^b 采用金属零部件验证。 | | | | | | | | |

6.3 型式试验

6.3.1 型式试验时机

接触器具有下列情况之一，均应进行型式试验：

- a) 新产品试制完成后；
- b) 出厂检验结果与上次型式试验结果有较大差异；
- c) 产品转厂生产或停产后恢复生产。

接触器因设计、结构、材料或工艺变更影响产品性能时，应进行相关项目的试验。

6.3.2 受试样品数

除产品规范另有规定外，每一组试验程序中的试验项目应在同一台样品上完成，盐雾和霉菌试验受试样品为同材料零部件各三件。

6.3.3 合格判据

接触器型式试验的所有试验项目都应通过和所有受试样品都合格，则型式试验合格。若有任一试验项目不合格，则应分析原因，采取措施，改进设计、工艺、工装、材料等，重新进行该不合格项目及相关项目的试验，复试样品数同 6.3.2 的要求，直至接触器型式试验合格。

6.4 出厂试验

每台出厂的接触器产品应进行出厂试验，试验项目和顺序按表 10 规定，经出厂试验合格后，方可交付使用。

6.5 抽样试验

除产品规范另有规定外，接触器正常生产时一般每 2 年~3 年进行一次，试验项目和顺序按表 10 规定，受试样品均应从出厂试验合格产品中抽取，数量为 2 台，经抽样试验合格后方能判定批合格。

6.6 特殊试验

特殊试验按制造厂的规定进行，除产品规范另有规定外，特殊试验包括：寿命试验和与短路保护电器的协调配合性能试验，经特殊试验合格后方能判定合格。

6.7 样品处理

经抽样试验的样品整修后，尚可作为产品交付；经受特殊试验的样品不得按合同或订单交付。

6.8 试品不合格处理

如果样品不能通过抽样或特殊试验，则应停止产品的验收和交付。在采取纠正措施之后，重新进行全部试验或检验，或只对不合格项目进行试验或检验。

7 标志、包装、运输

7.1 标志

包装箱外的文字和标志应清晰整齐，保证不能因运输和贮存后模糊不清。图示标志应符合 GB/T 191—2008 的规定。

7.2 包装

7.2.1 包装

接触器经清洁干燥处理后,应用塑料制品包装好,然后连同产品合格证和维修使用说明书等必要的技术文件资料装入具有防潮能力的盒内。包装的其他要求应符合 GB/T 13384—2008 的要求。

7.2.2 装箱

包装好的接触器应装入适合运输要求的包装箱,包装箱应牢固,符合运输条件,其内应有装箱清单。

7.2.3 运输、贮存

包装成箱的接触器运输应严格遵照包装箱上注明的条件。运输方式按订货合同上说明的要求执行。

附 录 A
(规范性附录)
绝缘水平

接触器的绝缘水平按表 A.1 的规定。

表 A.1 绝缘水平

| 额定电压 U_r kV | 额定绝缘 电压 U_i kV | 额定短时工频 耐受电压 U_d kV | | 额定雷电冲击 耐受电压 U_p kV | | 户内电气间隙 mm | | 户外电气间隙 mm | |
|------------------|------------------------|----------------------------|------|----------------------------|------|--------------|----|--------------|----|
| | | A | B | A | B | A | B | A | B |
| 0.9 | 1.8 | 4.6 | 5.5 | 10 | 12 | 18 | 22 | 23 | 28 |
| 1.8 | 2.3 | 5.5 | 6.6 | 12 | 14.4 | 22 | 26 | 27 | 32 |
| 1.8 | 3 | 6.9 | 8.3 | 15 | 18 | 27 | 32 | 33 | 40 |
| 3.6 | 3.6 | 11.5 | 13.8 | 25 | 30 | 45 | 54 | 53 | 64 |
| 3.6 | 4.8 | 14 | 16.8 | 30 | 36 | 54 | 65 | 63 | 76 |
| 4.8 | 6.5 | 18.5 | 22.2 | 40 | 48 | 72 | 86 | 82 | 98 |

注：A 为对地和极间；B 为断口。

附录 B
(规范性附录)
爬电距离推荐值

B.1 根据需要，对不同的 CTI 值提出了两类材质的推荐爬电距离，见表 B.1。

表 B.1 材料分类

| 材料分类 | CTI 值 |
|--|-----------------------------|
| I 类 | $600 \leq \text{CTI}$ |
| II 类 | $400 \leq \text{CTI} < 600$ |
| 注：CTI 值是一种检验介电材料最大耐受电压的试验，按 GB/T 4207—2022 规定的方法所测得的值，供绝缘材料使用。 | |

B.2 基于上述前提，表 B.2 给出了爬电距离的推荐值。

表 B.2 爬电距离推荐值（以额定绝缘电压为基础） 单位为毫米每千伏

| 材料分类 | 户内 | 户外 |
|----------------|----|----|
| I 类 | 25 | 30 |
| II 类 | 30 | 40 |
| 注：爬电距离应不小于表中值。 | | |

B.3 安装在一般舱室，工作于限流断路器或熔断器后级，周围环境较好的接触器，其爬电距离可不小于 16mm/kV。

附录 C
(规范性附录)
临界电流试验

C.1 概述

临界电流是一种较小电流，此时的燃弧时间最长，由于电弧电流产生的磁场较弱，致使灭弧室内电弧从发生、移动到熄灭的时间最长。

C.2 单向接触器

本试验方法是对单方向直流接触器提出的。

试验电压为额定电压。

试验电流从 4.15 规定的接通分断电流开始（也可以从小电流做起），相同的时间常数（除产品规范另有规定），以大约 50%的递减率进行试验，最小试验电流不大于 3%额定电流（除产品规范另有规定）。

在试验前应确认灭弧室没有残余磁场。

试验的实际电流值并不重要，只需满足前后两次试验电流值大约是两倍关系即可。

若试验统计表明每一电流值下的燃弧时间分散度，每一试验电流应进行 10 次分断试验操作。

临界电流本身可能存在一个相当宽的范围，如果看出临界电流的存在，则应继续按减半或倍增规则延伸试验电流范围以确认临界电流。

C.3 双向接触器

本试验方法是对双向直流接触器提出的。

首先应按单向接触器试验方式建立其临界电流。

对于双向接触器来说，接下来的试验应令接触器分断一个 C.2 中的最大的试验电流，建立起该方向的剩余磁场。

然后，在前述大电流相反方向通以 C.2 中燃弧时间最长的试验电流，进行分断操作。若发现燃弧时间比单向的燃弧时间长，可进行多次试验加以确认，说明反向剩余磁场起了作用。

下一步，除产品规范另有规定外，重复上述双向接触器分断一个 C.2 中的最大的试验电流，建立起该方向的剩余磁场，反向验证 C.2 中的最小的试验电流分断的燃弧时间，因为较临界电流小的电流，对剩余磁场的去磁作用较小，从而导致燃弧时间的增加。

C.4 临界电流性能

为了进一步验证直流接触器分断临界电流的能力，在相同条件下，对同一样品，对在燃弧时间峰值下的电流值，按制造厂规定的次数和频率，进行循环操作试验。试验后，应满足如下规定：

- a) 不同极带电部件之间，各电路带电部件与地之间绝缘电阻应满足 4.9.1 的要求；
- b) 应按 85%的工频试验电压进行工频耐压试验，历时 1min，结果应符合 4.9.2 的要求。

附录 D
(规范性附录)
寿命试验

D.1 机械寿命

D.1.1 总则

接触器机械寿命用其在需要维修或更换零件（包括控制电磁铁的电子元件和任意机械零件）前所能承受的操作循环次数来表示。

D.1.2 机械寿命试验

D.1.2.1 试验条件

接触器应按正常使用条件安装，特别是应如正常使用情况一样接好导线。

试验时主电路不通电，如果规定在正常使用中需要润滑，则在试验前可以加润滑剂。

D.1.2.2 操作条件

操作机构应施加额定电压，对于交流，应为额定频率的额定电压。

如果有电阻或阻抗与线圈串联，不管操作时短接与否，应如正常操作时一样将这些元件接入一起进行试验。

D.1.2.3 试验程序

接触器机械寿命的试验程序如下：

- a) 试验在断续周期工作制相应级别所规定的操作频率下进行，但是，制造商也可以使用更高操作频率进行试验。
- b) 对于电磁式接触器，控制线圈的通电时间应大于接触器的动作时间，且线圈的通电时间应足够长，以使接触器停留到两个极限位置。
- c) 试验的操作次数应不少于具体产品标准规定的无载操作循环次数。
- d) 每进行全部操作次数的 1/10 后，继续试验前允许：
 - 在不拆开的情况下，清理整台产品；
 - 对制造商规定在正常使用时需要润滑的零件加润滑剂；
 - 试验中的维修不包括任何零部件的更换。

D.1.2.4 试验结果评定

接触器机械寿命后，接触器仍能满足 4.16.2 所规定的要求。

D.1.3 接触器机械寿命试验结果统计分析

D.1.3.1 总则

若需要对接触器机械寿命的试验结果进行统计分析。

对于小批生产且与原始设计仅有细微变化的接触器，其细微的变化不影响产品的特性。制造商可按

类似的设计经验、分析、材料的特性以及大批相同的产品试验分析结果来确定机械寿命。

机械寿命试验结果统计分析由制造商根据具体情况可在下列两种方法中任选，也可以采用其他方法，选定的试验方法应在试验报告中说明。

D.1.3.2 单八制试验

8台接触器应一直试验到指定的机械寿命。

如不合格的台数不超过2台，则判定试验合格。反之，则判定不合格。

D.1.3.3 双三制试验

3台接触器应一直试验到指定的机械寿命。

如果都合格，则判定试验合格；如果有一台以上不合格，则判定试验不合格；如果有一台不合格，则再试3台，一直试到指定的机械寿命，若不再有不合格，则判定试验合格。在任何情况下只要总共有2台及以上不合格，则判定试验不合格。

D.2 电寿命

D.2.1 总则

除产品规范另有规定外，接触器的电寿命在表D.1所规定的条件下，不修理或不更换任何零部件所能承受的有载操作次数来表示。

在所有情况下，操作频率由制造商规定，但应在试验报告和产品说明中标明。

当试验电流和试验电压在下列偏差范围内时，试验有效：

——电流： $\pm 5\%$ ；

——电压： $\pm 5\%$ 。

试验应在符合D.1.2.1和D.1.2.2规定条件的接触器上进行，如适用，可采用D.1.2.3的试验程序，但不准许更换触头。

表 D.1 验证有载操作循环次数——不同使用类别下的通断条件

| 使用类别 | 通断条件 | | |
|------|---------|---------|----------|
| | I/I_r | U/U_r | L/R ms |
| DC-1 | 1 | 1 | 1.0 |
| DC-3 | 2.5 | 1 | 2 |
| DC-5 | 2.5 | 1 | 7.5 |

注 1： I_r 为额定电流； U_r 为额定电压。
注 2： L/R 的允许误差 $\pm 15\%$ 。

D.2.2 电寿命试验

若接触器为两极以上的接触器，除产品规范另有规定外，电寿命试验前后应测量验证接触器各极的分闸不同期时间。

接触器电寿命后，接触器仍能满足4.16.1所规定的要求。

D.2.3 接触器电寿命试验结果统计分析

若需要对接触器电寿命的试验结果进行统计分析，按D.1.3规定的方法进行。

参 考 文 献

- [1] 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
 - [2] GB/T 25890.1—2010 轨道交通 地面装置 直流开关设备 第1部分：总则
 - [3] GJB 8945—2017 舰船交流中压电器规范
 - [4] TB/T 2767—2010 机车车辆用直流接触器
 - [5] GD 22—2015 电气电子产品型式认可试验指南
 - [6] 钢质海船入级规范 2018 第4分册
-

团体标准
船用中压直流接触器
T/CES 178—2022
2022年12月第一版

*

北京西城区莲花池东路102号天莲大厦10层
邮政编码：100055

网址：<http://ces.org.cn/html/category/17060132-1.htm>

电话：010-63256990 63256997

版权专有 侵权必究