



中华人民共和国国家标准

GB/T 25292—2010

船用直流电机技术条件

Specification for direct current machine in ships

2010-11-10 发布

2011-05-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

本标准由中国电器工业协会提出并归口。

本标准负责起草单位：上海电器科学研究所(集团)有限公司。

本标准参加起草单位：中国船级社上海分社、中国船级社上海规范研究所、中国船级社青岛分社、江西清华泰豪三波电机有限公司、上海南洋电机有限公司、杭州(新)恒力电机制造有限公司。

本标准主要起草人：林榕、张良基、任宏。

本标准参加起草人：李晨浩、孙武、崔海洋、徐剑萍、陈伟民、罗锋、周红薇。

船用直流电机技术条件

1 范围

本标准规定了船舶(包括移动和固定式近海装置)用直流电机(以下简称电机)的基本参数、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存的通用要求。

本标准适用于除直流幅压电动机以外的各种类型的船用直流电动机(以下简称电动机)和船用直流发电机(以下简称发电机)。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准。然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适应于本标准。

GB/T 191 包装储运图示标志(GB/T 191—2008,ISO 780:1997,MOD)

GB 755—2008 旋转电机 定额和性能(IEC 60034-1:2004,IDT)

GB/T 756—2010 旋转电机 圆柱形轴伸

GB/T 997—2008 旋转电机结构型式、安装型式及接线盒位置的分类(IM 代号)(IEC 60034-7:2001,IDT)

GB/T 1311—2008 直流电机试验方法

GB 1971—2006 旋转电机 线端标志与旋转方向(IEC 60034-8:2002,IDT)

GB/T 1993—1993 旋转电机冷却方法(eqv IEC 60034-6:1991)

GB/T 2423.4—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Db:交变湿热(12h+12h 循环)(IEC 60068-2-30:2005,IDT)

GB/T 2423.16—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 J 及导则:长霉(IEC 60068-2-10:2005,IDT)

GB/T 2423.17—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ka:盐雾(IEC 60068-2-11:1981,IDT)

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 2828.1—2003,ISO 2859-1:1999,IDT)

GB 3836.1—2010 爆炸性环境 第1部分:设备 通用要求(IEC 60079-0:2007,MOD)

GB 3836.2—2010 爆炸性环境 第2部分:由隔爆外壳“d”保护的的设备(IEC 60079-1:2007,MOD)

GB 3836.3—2010 爆炸性环境 第3部分:由增安型“e”保护的的设备(IEC 60079-7:2006,IDT)

GB 3836.4—2010 爆炸性环境 第4部分:由本质安全型“i”保护的的设备(IEC 60079-11:2006,MOD)

GB 3836.5—2004 爆炸性气体环境用电气设备 第5部分:正压外壳型“p”(IEC 60079-2:2001,MOD)

GB 3836.8—2003 爆炸性气体环境用电气设备 第8部分:“n”型电气设备(IEC 60079-15:2001,MOD)

GB/T 4772.1—1999 旋转电机尺寸和输出功率等级 第1部分:机座号 56~400 和凸缘号 55~1 080(IEC 60072-1:1991,IDT)

GB/T 4831—1984 电机产品型号编制方法

GB/T 4942.1—2006 旋转电机整体结构的防护等级(IP代码)分级(IEC 60034-5:2000, IDT)

GB/T 7060—2008 船用旋转电机基本技术要求

GB 10068—2008 轴中心高为 56 mm 及以上电机的机械振动 振动的测量、评定及限值(IEC 60034-14:2007, IDT)

GB/T 10069.1—2006 旋转电机噪声测定方法及限值 第 1 部分:旋转电机噪声测定方法(ISO 1680:1999, MOD)

GB 10069.3—2008 旋转电机噪声测定方法及限值 第 3 部分:噪声限值(IEC 60034-9:2007, IDT)

GB/T 12351—2008 热带型旋转电机环境技术要求

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件(GB/T 13384—2008)

GB/T 13951—1992 移动式平台及海上设施用电子电工产品环境试验一般要求

GB 14048.1—2006 低压开关设备和控制设备 第 1 部分:总则(IEC 60947-1:2001, MOD)

GB 14711—2006 中小型旋转电机安全要求

GB/T 20113—2006 电气绝缘结构(EIS)热分级(IEC 62114:2001, IDT)

CB/T 3667.1—1995 船舶电缆敷设和电气设备安装附件 电缆贯通装置

JB/T 4159—1999 热带电工产品通用技术要求

JB/T 5810—2007 电机磁极线圈及磁场绕组匝间绝缘 试验规范

JB/T 9617—1999 直流电机电枢绕组匝间绝缘试验规范

GD 01—2006 中国船级社电气电子产品型式认可试验指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

正常工作 normal operation

电机在规定的使用条件下,其性能、参数变化均在预定范围内的工作状态。

3.2

可靠工作 reliable operation

电机在规定的使用条件下,能够无故障地工作。

4 分类与命名

4.1 分类

电机按照产品工作特点及其在船舶电力系统的作用分类,有发电机、电动机类别。各类产品按其用途、结构、容量等级、安装方式分类的规格应在各类产品标准中具体规定。

4.2 型号表示方法

电机的型号编制一般应符合 GB/T 4831—1984 的规定。引进技术或引进产品的电机可在具体产品中另行规定,但应有其基本技术特征的说明,如额定功率、中心高、转速等。

5 技术要求

5.1 总则

5.1.1 电机应符合本标准的要求,并按照经规定程序批准的图样及技术文件制造。

5.1.2 本标准未作规定者应符合 GB 755—2008 及 GB/T 7060—2008 的规定。直流防爆电机还应符合 GB 3836.1—2010、GB 3836.2—2010、GB 3836.3—2010、GB 3836.4—2010、GB 3836.5—2004、GB 3836.8—2003 的有关规定。用于特殊场所的电机在产品标准中规定。

5.2 环境适应性

电机应能在下列环境条件下正常工作：

- a) 露天甲板或类似场所用电机环境温度为 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+45\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，其他场所用电机环境温度为 $0\text{ }^{\circ}\text{C}\sim+45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- b) 水冷却的电机初始冷却水温度应不大于 $+32\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- c) 空气相对湿度不大于95%，并有凝露。
- d) 有盐雾、霉菌、油雾及海水的影响。
- e) 海上石油平台上用的电机，还有二氧化硫和硫化氢等化学活性物的影响。油船、液货船、移动和固定式近海装置等危险区中的电机还有石油气、天然气及其他爆炸性气体的影响。
- f) 倾斜与摇摆：
 - 纵倾： 5° （应急电机 10° ）；
 - 纵摇： 7.5° （应急电机 10° ）；
 - 横倾： 15° （应急电机 22.5° ）；
 - 横摇： 22.5° ；
 - 可能同时发生横向和纵向倾斜；
 - 装运液化气体和化学品的船舶，其应急发电机应在船舶横倾达 30° 的极限状态下能保持供电。
- g) 有船舶正常运行中产生的冲击和振动影响。

5.3 材料

电机材料的要求应符合 GB/T 7060—2008 中 5.3 的规定。

5.4 设计要求

5.4.1 额定功率

5.4.1.1 电动机一般按下列额定功率制造。

0.25 kW、0.37 kW、0.55 kW、0.75 kW、1.1 kW、1.5 kW、2.2 kW、3 kW、4 kW、5.5 kW、7.5 kW、11 kW、15 kW、18.5 kW、22 kW、30 kW、37 kW、45 kW、55 kW、75 kW、90 kW、110 kW、132 kW、160 kW、185 kW、200 kW、220 kW、250 kW、280 kW、315 kW、355 kW、400 kW、450 kW。

5.4.1.2 发电机一般按下列额定功率制造。

0.75 kW、1.1 kW、1.5 kW、2.2 kW、3 kW、4 kW、5.5 kW、7.5 kW、11 kW、15 kW、18.5 kW、22 kW、30 kW、37 kW、45 kW、55 kW、75 kW、90 kW、110 kW、132 kW、160 kW、185 kW、200 kW、220 kW、250 kW、280 kW、315 kW、355 kW、400 kW、450 kW、500 kW。

5.4.2 额定电压

5.4.2.1 电动机的额定电压一般为 24 V、110 V、220 V、440 V。

5.4.2.2 发电机的额定电压一般为 28 V、115 V、230 V、460 V。

5.4.3 绝缘等级

按照 GB/T 20113—2006 的规定，电机的绝缘等级一般为 B 级、F 级和 H 级三种。

5.4.4 工作制与定额

电机的定额应符合 GB 755—2008 的规定。

5.4.5 额定转速

电机的额定转速一般在相应产品技术条件中另行规定。

5.4.6 励磁方式

电机励磁方式为复励、串励、并励、稳定并励或他励，特殊需要可在相应产品技术条件中另行规定。

5.4.7 电机尺寸及公差

5.4.7.1 电机的外形尺寸应符合产品图样的规定。

5.4.7.2 电机安装尺寸及其公差应符合 GB/T 4772.1—1999 的规定。

5.4.7.3 电机轴伸长度一半处径向圆跳动公差应符合表 1 的规定。

表 1 径向圆跳动公差值 单位为毫米

轴伸直径 D	轴伸径向圆跳动公差值	
	正常级	精密级(用户要求时)
$D \leq 10$	0.030	0.015
$10 < D \leq 18$	0.035	0.018
$18 < D \leq 30$	0.040	0.021
$30 < D \leq 50$	0.050	0.025
$50 < D \leq 80$	0.060	0.030
$80 < D \leq 120$	0.070	0.035

5.4.7.4 凸缘止口对轴中心线的径向圆跳动及凸缘支承面对轴中心线垂直面的端面跳动公差应符合表 2 的规定。

表 2 圆跳动公差值 单位为毫米

凸缘止口直径 N	凸缘外径 P	指示器读数最大允许差值	
		正常级	精密级(用户要求时)
60	90	0.080	0.040
70	105	0.080	0.040
80	120	0.080	0.040
95	140	0.080	0.040
110	160	0.100	0.050
130	200	0.100	0.050
180	250	0.100	0.050
230	300	0.100	0.050
250	350	0.125	0.063
300	400	0.125	0.063
350	450	0.125	0.063
450	550	0.125	0.063
550	660	0.160	0.080
680	800	0.160	0.080
880	1 000	0.200	0.100
1 000	1 150	0.200	0.100

5.4.7.5 电机轴对底脚平面的平行度公差应符合表 3 的规定。

表 3 平行度公差值 单位为毫米

轴中心高 H	轴两端测量的 H 偏差限值		
	L 为电机轴长		
	$L < 2.5 H$	$2.5 H \leq L \leq 4 H$	$L > 4 H$
$> 50 \sim 250$	0.5	0.8	1
$> 250 \sim 630$	1	1.5	2

5.4.7.6 电机底脚支撑面的平面度公差应符合表 4 的规定。

表 4 平面度公差

单位为毫米

AB 或 BB 中的最大尺寸	平面度公差
>100~160	0.12
>160~250	0.15
>250~400	0.20
>400~630	0.25
>630~1 000	0.30
注 1: AB 为电机底脚外边缘间的距离(端视); 注 2: BB 为电机底脚外边缘间的距离(侧视)。	

5.4.7.7 电机轴伸上键槽的对称度公差应符合表 5 的规定。

表 5 对称度公差

单位为毫米

键槽宽 F	对称度公差	键槽宽 F	对称度公差
>3~6	0.025	>18~30	0.050
>6~10	0.030	>30~50	0.060
>10~18	0.040		

5.4.7.8 电机的轴伸应符合 GB/T 756—1990 的规定。

5.4.8 效率

电机的效率一般在相应产品技术条件中另行规定。

5.5 结构要求

5.5.1 外壳防护等级

电机外壳防护等级一般为 IP22、IP23、IP44、IP55、IP56、IP66。接线盒的外壳防护等级应与电机的外壳防护等级一致,但应不低于 IP44。各种防护等级定义应符合 GB/T 4942.1—2006 的规定。

5.5.2 冷却方式

电机的冷却方式一般为 IC01、IC411,其含义应符合 GB/T 1993—1993 的规定。

5.5.3 结构及安装型式

电机结构及安装型式代号一般为 IMB3、IMB35、IMB5、IMV1、IMV3 和 IMV15,其含义应符合 GB/T 997—2008 的规定。

5.5.4 接线盒

5.5.4.1 电机应装有接线盒。

5.5.4.2 接线盒上应装有金属填料函,填料函应符合 CB/T 3667.1—1995 的规定。

5.5.4.3 接线盒内应设有端子接线图(接线图也可设于铭牌上或铭牌附近)。

5.5.5 接地

电机接线盒内应设有专用的接地螺钉。100 kW 及以上的电机机座底脚撑板上或者凸缘端盖上靠近接线盒部位应设有外接地螺钉,并有耐久、清晰、明显的接地标志。接地螺钉的要求应符合 GB 14711—2006 中表 5 的规定。

5.5.6 加油孔和泄水孔

采用非封闭轴承的电机,轴承室应设置加油孔(杯)、放油槽及防止油脂渗入内部绕组的措施。对水平安装的电机,如有需要,在机座底部应设有冷凝水泄放孔。

5.5.7 加热器

如有需要,电机内部可设置加热器,以防止潮气在电机内部绕组上的凝露。加热器的容量应能使机

壳内部温度至少高于机壳外部温度 5 K,并考虑加热温度不超过附近绝缘的允许温度。

5.5.8 轴电流

如有必要,电机应采取防止轴和轴承之间产生环流的措施。

5.5.9 电气间隙和爬电距离

电机接线盒内的电气间隙和爬电距离应符合 GB 14711—2006 中表 4 的规定。

5.5.10 紧固件

电机的所有紧固件应有效地锁紧,不会受船舶正常运行产生的冲击、振动而松动。

5.6 机械外观质量

5.6.1 电机的装配应完整正确,表面油漆应均匀干燥,无污损、无明显脱落等。

5.6.2 轴承运行应平稳、轻快,无异常杂声和停滞现象。

5.7 性能要求

5.7.1 绝缘电阻

电机绕组对机壳及绕组相互间的绝缘电阻在热状态时,或温升试验后应不低于 2 M Ω 。在实际冷却状态时应不低于 10 M Ω 。

5.7.2 电源电压变化性能

电动机运行期间应能在下列电压变化下可靠工作:

a) 由直流发电机供电的电动机

电压变化为额定电压的 $\pm 10\%$ 。

b) 由蓄电池直接供电的电动机

1) 充电期间不接于蓄电池者,电压变化为额定电压的 $+20\% \sim -25\%$ 。

2) 充电期间接于蓄电池者,电压变化为额定电压的 $+30\% \sim -25\%$ 。

c) 经整流器供电的电动机

电压变化为额定电压的 $\pm 10\%$,电压周期性波动为额定电压的 5%,纹波电压为额定电压的 10%。

5.7.3 工频耐电压

5.7.3.1 电机绕组对机壳及绕组相互间应能承受表 6 规定的耐电压试验,历时 1 min 而不发生击穿或闪络。试验电压为工频,波形尽可能为实际正弦波。

5.7.3.2 对已进行过工频耐电压试验的电机,若需要,允许在电机安装后,运行前进行第二次耐电压试验,试验电压的数值为上述试验电压的 85%。

表 6 耐电压试验

项号	电机或部件	试验电压(有效值)
1	功率小于 1 kW 且额定电压低于 100 V 电机的绝缘绕组	500 V+2 倍额定电压
2	功率大于 1 kW 电机的绝缘绕组(除 1、3 项外)	1 000 V+2 倍额定电压,但最低为 1 500 V
3	励磁绕组	1 000 V+2 倍额定电压,但最低为 1 500 V

5.7.4 匝间冲击耐电压

5.7.4.1 电机的绕组在生产过程中应进行匝间冲击耐电压试验,以考核绕组匝间绝缘承受冲击过电压的能力,结果应符合 GB 14711—2006 中 7.5 的规定。其冲击试验电压峰值及采用波前时间应满足下列规定:

a) 电机励磁绕组应满足 JB/T 5810—2007 中 4.1 的规定;

b) 电机电枢绕组应满足 JB/T 9617—1999 中第 7 章的规定。

5.7.4.2 若因试验设备限制,允许采用短时升高电压代替,即空载外施 130%额定电压,历时 5 min,匝间绝缘无击穿或闪络。

5.7.5 温升

5.7.5.1 连续工作制(S1)和断续工作制(S2)的空气冷却电机在环境空气温度为+45℃下额定运行时,其各部分的温升限值应符合表7的规定。

表 7 温升限值 单位为开尔文

热分级		130(B级)			155(F级)			180(H级)		
测量方法		Th	R	ETD	Th	R	ETD	Th	R	ETD
项号	电机部件									
1	电枢绕组	65	75	—	80	100	—	100	120	—
2	除项3外的电机的磁场绕组	65	75	—	80	100	—	100	120	—
3a)	一层以上的电机静止磁场绕组	65	75	85	80	100	105	100	120	130
3b)	电机单层低电阻磁场绕组以及一层以上的直流电机补偿绕组	75	75	—	95	95	—	120	120	—
3c)	表面裸露或仅涂清漆的直流电机的单层绕组以及直流电机单层补偿绕组 ^a	85	85	—	105	105	—	130	130	—
4	换向器	70	—	—	85	—	—	105	—	—
5	永久短路的绕组	这些部件的温升或温度应不损坏该部件本身或任何与其相邻部件的绝缘								
6	电刷机构	电刷机构的温升或温度应不至于损坏其本身或任何与其相邻部件的绝缘								
7	无论与绝缘是否接触的结构件(轴承除外)和铁芯	这些部件的温升或温度应不损坏该部件本身或任何与其相邻部件的绝缘								
注: Th——温度计法,R——电阻法,ETD——埋置检温计法。										
^a 对于多层绕组,如下面各层均与循环的初级冷却介质接触,也应包括在内。										

5.7.5.2 当电机的运行环境空气温度高于+45℃时,则其温升限值应较表7规定值减去实际环境空气温度与+45℃之差值。

如电机的运行环境空气温度低于+45℃,则其温升限值可较表7规定值增加实际环境空气温度与+45℃之差值,但此增加值不应大于15 K。

5.7.5.3 上述以外的其他发电机和电动机的定额应与它们所执行的工作制相符合,并在额定输出条件下进行试验,其温升应不超过表7的规定。对短时工作制S2电机,绕组温升限值可较表7规定值增加10 K。

5.7.5.4 轴承的允许温度应不超过以下规定:

- a) 滑动轴承为 80℃;
- b) 滚动轴承为 90℃;
- c) 特种轴承的允许温度在相应产品标准中规定。

5.7.5.5 如试验的环境空气温度与5.2的规定不同时,绕组温升限值按GB 755—2008中8.10的规定进行修正。

5.7.6 调整率

5.7.6.1 发电机电压调整率

发电机以复励励磁,在励磁绕组接近工作温度、转速为额定、磁场变阻器位置不变的情况下,由额定负载至空载及由空载至额定负载时,发电机电压调整率 Δu 按式(1)计算,其结果应不大于表8的规定。

$$\Delta u = \frac{U_0 - U_N}{U_N} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- Δu ——发电机电压调整率；
- U_0 ——空载电压，单位为伏特(V)；
- U_N ——额定电压，单位为伏特(V)。

表 8 电压调整率

电机功率/kW	≤11	>11~75	≥75
电压调整率 $\Delta u/\%$	-3 +7	-3 +5	-3 +2

5.7.6.2 发电机电压调整率容差应按 GB 755—2008 中表 20 的规定。

5.7.6.3 电动机转速调整率

电动机以并励或他励励磁，在励磁绕组接近工作温度，由满载逐渐调节到空载及在端电压保持不变时，其转速调整率 Δn 应符合表 9 的规定。

表 9 转速调整率

折算到 1 000 r/min 的千瓦数	<0.67	≥0.67~2.5	≥2.5~10	≥10
转速调整率 $\Delta n/\%$	+18 0	+15 0	+12 0	+10 0

5.7.6.4 电动机转速调整率容差应按 GB 755—2008 中表 20 的规定。

5.7.7 过载

电机在热状态和电压尽可能接近额定值的情况下，应能承受下述规定的过电流或过转矩。此时绕组温升不计，但电机不应损坏或发生有害变形。

- a) 发电机承受 150% 额定电流，历时 15 s。
- b) 电动机承受 150% 额定转矩(在设备有限制时，可用 150% 额定电流代替)，历时 15 s。

5.7.8 超速

电机在空载情况下，应能承受下列规定的超速，历时 2 min，转动部分的机械结构应不发生有害变形：

- a) 对串励电动机应能承受铭牌上标明的最高转速的 120%，而不小于额定转速的 150%。
- b) 对其他各种电动机应能承受铭牌上标明的最高转速的 120%。
- c) 对发电机应能承受铭牌上标明的额定转速的 120%。

5.7.9 换向

5.7.9.1 电机换向火花等级的划分应按 GB 1311—2008 中附录 D 的规定。

电机从空载(对不允许空载的电机，从 1/4 负载起)到额定负载的所有情况下，火花应为 1~1 ¼ 级；在短时过电流或短时过转矩(发电机承受 150% 额定电流、电动机承受 150% 额定转矩)时火花等级应不大于 1 ½ 级。短时定额和断续定额的电机从空载到额定负载的所有情况，火花等级应不大于 1 ½ 级；在短时过电流或短时过转矩(发电机承受 150% 额定电流、电动机承受 150% 额定转矩)时不产生有害火花，且不在换向器或电刷表面造成永久性损害。

5.7.9.2 在电机中的电刷支架和端盖或机座上应有明显牢固的表示电刷正确位置的标记。从空载到额定负载的所有情况下，电刷在换向器上均应保持在这一标记的位置上。

5.7.10 容差

电机的效率容差、转速容差应按 GB 755—2008 中表 20 的规定。

5.7.11 发电机电压负载特性

5.7.11.1 额定功率为 50 kW 及以上的并励和稳定并励发电机应符合下列要求：

- a) 满载下当电压整定至额定值时，卸去负载，不应使稳定电压的增加超过额定电压的 15%；
- b) 不论在满载或空载下整定电压时，任何负载下的电压均不超过空载电压。

5.7.11.2 复励发电机在考虑原动机速度特性情况下，转速应于满载时调整在额定转速，复励发电机在热态下的电压负载特性应为：

当 20% 负载时，电压偏差应在额定电压的 $\pm 1\%$ 以内，负载为满载时，电压偏差应在额定电压的 $\pm 2.5\%$ 。

在 20% 负载和满载之间，电压负载特性的上升和下降调压曲线的平均值与额定电压的差异应不超过 3%。

注：原动机的转速调整率小于或等于 5%，一般为 3%~5%。

5.7.12 发电机的并联运行

并联运行的直流发电机均应能稳定运行，且当负载在各发电机总额定负载的 20%~100% 范围内变化时，各发电机所承担的负载与总负载按其额定功率比例分配值之差，应不超过：

- a) 最大发电机额定功率的 $\pm 12\%$ ；
- b) 当最小发电机的额定功率小于最大发电机额定功率的 50% 时，为最小发电机额定功率的 $\pm 25\%$ 。这样的负载分配应不引起较小发电机过载运行。

5.7.13 耐潮性能

电机应具有耐潮性能，经 55℃、6 周期交变湿热试验后应满足下列要求：

- a) 电机绕组对机壳和绕组间的绝缘电阻应不低于下列数值：

——对额定电压为 100 V 及以上的 IP22、IP23 的电机，按式(2)确定绝缘电阻：

$$R = 2 \times \frac{U_N}{1\,000 + P_N/100} \quad \dots\dots\dots (2)$$

按上式确定绝缘电阻值低于 0.33 MΩ 时，则按 0.33 MΩ 考核。

——对额定电压为 100 V 及以上的 IP44、IP55、IP56、IP66 电机应按式(3)确定绝缘电阻：

$$R = 3 \times \frac{U_N}{1\,000 + P_N/100} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式(2)、式(3)中：

R ——电机绕组的绝缘电阻，单位为兆欧(MΩ)；

U_N ——电机额定电压，单位为伏特(V)；

P_N ——电机额定功率，单位为千瓦(kW)。

——对额定电压 110 V 及以下的船用电机绝缘电阻应不低于 0.33 MΩ。

- b) 电机绕组应能承受历时 1 min 工频耐电压试验而不发生击穿，试验电压的数值为 5.7.3 规定试验电压的 85%；
- c) 电机金属电镀件和化学处理件的外观应不低于 JB/T 4159—1999 中的三级要求；
- d) 电机表面油漆外观和附着力应不低于 GB/T 12351—2008 中的二级要求；
- e) 塑料零部件的外观应不低于 JB/T 4159—1999 中的三级要求。

5.7.14 防霉性能

电机绕组和绝缘材料应具有防霉能力，经 28 d 试验后应达到 GB/T 2423.16—2008 中规定的二级要求。

5.7.15 耐盐雾性能

电机的金属电镀件和化学处理件应具有耐盐雾性能，经盐雾试验后应符合表 10 的规定。

表 10 耐盐雾性能

底金属材料	零件类别	镀层类别	合格要求	试验时间
碳钢	一般结构零件 紧固零件 弹性零件	锌	未出现白色或灰黑色、棕色腐蚀产物	48 h
铜和铜合金	一般结构零件	镍、铬	未出现灰白色或绿色腐蚀产物	96 h
	一般结构零件 紧固零件 弹性零件	镍	未出现灰白色或绿色腐蚀产物	48 h
	电联零件	镍		
		锡	未出现灰黑色或绿色腐蚀产物	

5.7.16 耐化学活性物的腐蚀性能

用于移动和固定式近海装置的电机应能承受二氧化硫和硫化氢等化学活性物的影响,具体要求应符合该类产品标准的规定。

5.7.17 冲击、振动

电机应能承受船舶及移动和固定式近海装置营运时产生的冲击、振动,并能正常工作。

5.7.18 倾斜和摇摆

电机按 5.2f) 规定的使用条件下进行试验,试验后轴承应不超过 5.7.5.4 规定的允许极限温度,润滑脂、油不应泄漏。

5.7.19 噪声、振动烈度

5.7.19.1 电机在空载时测得的 A 计权声功率级的噪声限值应符合 GB 10069.3—2008 的规定。

5.7.19.2 电机在空载时测得的振动烈度限值应符合 GB 10068—2008 的规定。

5.7.20 电磁兼容

电机的电磁兼容要求及界限值应符合 GD 01—2006 标准的规定。

5.8 产品标志

5.8.1 船检标志

凡是上船的电机应具有船检标志,并在合同中规定。

5.8.2 铭牌

5.8.2.1 铭牌应用铜质或耐腐蚀金属材料制成,并牢固地固定在机座上半部明显位置。铭牌上的文字和数字应刻划清楚,在电机整个使用期内不易磨损。

5.8.2.2 电机铭牌标明的内容应符合产品技术条件的规定。

5.8.3 出线端标志、旋转方向标志

电机的出线端标志、旋转方向的标志应符合 GB 1971—2006 的规定。

5.8.4 接地标志

电机应有明显的接地标志,其要求应符合 GB 14711—2006 中第 6 章的规定。

6 试验方法

6.1 总则

本标准规定了电机的试验方法,未作规定应按 GB/T 1311—2008 及 GB/T 7060—2008 的试验方法进行,船用防爆电机还应符合 GB 3836.1—2010、GB 3836.2—2010、GB 3836.3—2010、GB 3836.4—

2010、GB 3836.5—2004、GB 3836.8—2003 的有关规定进行。

6.2 机械外观质量检查

用目视、耳听的方法,检查电机的外观质量和轴承运行情况,结果应符合 5.6 的规定。

6.3 电气间隙和爬电距离测定

按 GB 14048.1—2006 中附录 G 规定的方法测量,结果应符合 5.5.9 的规定。

6.4 标志、接地和接线盒的检查

用目视的方法检查电机的铭牌及数据、出线端子标志、接地螺钉及接地标志,结果应符合 5.5.4、5.5.5 和 5.8 的规定。

6.5 外壳防护形式性能

外壳防护形式性能试验应按 GB/T 4942.1—2006 的规定进行,结果应符合 5.5.1 的规定。

6.6 耐潮性能试验

耐潮性能试验应按 GB/T 2423.4—2008 的规定进行,结果应符合 5.7.13 的规定。有关细则补充如下:

- a) 试验严酷程度:高温温度 55℃,试验周期为 6 d,降温阶段相对湿度下限值为 85%;
- b) 湿热试验前应在正常试验大气条件下放置 24 h 以上后进行如下初始检测,若有不符合要求时应予停试:
 - 外观检查:电机表面油漆质量、电镀件和化学处理件的表面质量、绝缘和塑料零部件的外观;
 - 绝缘电阻检测,对不同额定电压的电机,应用表 11 规定的绝缘电阻测试仪。

表 11 绝缘电阻测试仪电压等级

单位为伏特

电机额定电压	绝缘电阻测试仪的电压等级
36 以下	250
36 以上至 500 以下	500

- c) 安装在试验箱内的状态:电机在不包装、正常工作位置放试验室内;
- d) 最后检测:湿热试验最后一个周期,低温高湿阶段保持 6 h 后进行下列最后检测:
 - 在试验箱内进行电机绕组的绝缘电阻和耐电压试验,检测时的温度为 $+25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 。相对湿度 95%~98%;
 - 在电机取出试验箱外的 24 h 内,完成电机表面油漆质量、电镀件和化学处理件的表面质量、绝缘和塑料零部件的外观及轴承润滑脂检测;
 - 在电机取出试验箱、室外的 8 h~24 h 内,完成电机表面附着力测定。

6.7 长霉试验

电机绕组和绝缘材料的长霉试验按 GB/T 2423.16—2008 规定进行,经 28 d 暴露结束后应符合 5.7.14 的规定。

6.8 盐雾试验

金属电镀件和化学处理件的盐雾试验按 GB/T 2423.17—2008 规定进行,结果应符合 5.7.15 的规定。

6.9 化学气体腐蚀试验

化学气体腐蚀的试验方法应按 GB/T 13951—1992 的规定进行。结果应符合 5.7.16 的规定。

6.10 倾斜试验

电机的倾斜试验按 GD 01—2006 的规定进行,结果应符合 5.7.18 的规定。有关细则补充如下:

- a) 试验样品安装方式按实际使用的要求进行安装;

- b) 试验样品工作状态:一般电机在额定转速和空载运转状态下试验,当有关标准有规定时,可在最高转速或负载状态下进行试验;
- c) 试验前检查电机外观质量、检测机械及电性能、测量绝缘电阻;
- d) 试验中每 15 min 记录轴承温度,当轴承温度变化在最后 1 h 内不超过 1 ℃,则轴承温度已达到稳定状态;
- e) 试验结束后检测电机轴承温度应不大于 5.7.5.4 规定的允许极限温度,润滑脂、油不应泄漏;
- f) 短时定额电机及作应急设备的电机,倾斜试验应在产品标准中另行规定。

6.11 发电机电压负载特性测定

发电机电压负载特性按下述方法测定,测定结果应符合 5.7.11 的规定。

- a) 50 kW 及以上的并励和稳定并励发电机可采用下列方法之一进行测定,但在采用方法 b) 时其电压调整特性应在 5.7.11.1 的基础上考虑到原动机调速特性的影响。试验应在热状态下进行(检查试验允许在冷态下进行)。

——由稳态调速率为 3% 的原动机(或模拟原动机调速特性的电动机)拖动。加上额定负载,调整原动机转速至额定转速后,调节磁场变阻器使发电机端电压为额定电压情况下,卸去全部负载,测量发电机稳态电压值。然后逐步加载至额定电流再逐步减载至零,约每隔 25% 额定电流读取发电机端电压值。接着在发电机空载情况下,调节磁场变阻器使发电机端电压为额定电压逐步加载至额定电流再逐步减载至零,约每隔 25% 额定电流读取发电机端电压值。

——由恒速(发电机额定转速)或接近恒速的电动机拖动。加上额定负载,调节磁场变阻器使发电机端电压为额定电压情况下,卸去全部负载,测量发电机稳态电压值。然后逐步加载至额定电流再逐步减载至零,约每隔 25% 额定电流读取发电机端电压值。接着在发电机空载情况下,调节磁场变阻器使发电机端电压为额定电压逐步加载至额定电流,再逐步减载至零,约每隔 25% 额定电流读取发电机端电压值。

注:在用户另有要求时,可在 3%~5% 范围内任一稳态调速率下进行试验。但应在合同中明确规定。

- b) 复励发电机可采用下列方法之一进行测定,但在采用方法 b) 时其电压调整特性应在 5.7.11.2 的基础上考虑到原动机调速特性的影响。试验应在热状态下进行(检查试验允许在冷态下进行)。

——由稳态调速率为 3% 的原动机(或模拟原动机调速特性的电动机)拖动。加上 20% 额定电流负载,调整原动机转速至 102.5% 额定转速,并调整发电机磁场变阻器使发电机端电压在与额定电压相差 $\pm 1\%$ 额定电压范围之内后,逐步加载至额定电流,再逐步减载至 20% 额定电流,约每隔 20% 额定电流读取发电机端电压值。

——由恒速(发电机额定转速)或接近恒速的电动机拖动。加上 20% 额定电流负载,调整发电机磁场变阻器使发电机端电压在与额定电压相差 $\pm 1\%$ 额定电压范围之内后,逐步加载至额定电流,再逐步减载至 20% 额定电流。约每隔 20% 额定电流读取发电机端电压值。

注:在用户另有要求时,可在 3%~5% 范围内任一稳态调速率下进行试验。

6.12 发电机并联运行试验

将分别由稳态调速率为 3% 的原动机拖动的两台或两台以上发电机投入并联运行。首先加上 75% 总额定负载(并联运行中所有发电机额定负载的总和)的负载,调整各原动机调速机构和发电机磁场变阻器,使转速为 100.75% 额定转速,并使各发电机承担按各自额定功率比例分配的负载。在不再调整原动机调速机构和发电机磁场变阻器的情况下,改变负载使其分别是总额定负载的 100% → 75% → 50% → 20% → 50% → 75%,每次改变负载后稳定运行约 10 min,读取各发电机承担的实际负载值。

试验也可在以 20% 额定负载为基调点的情况下进行,即首先加上 20% 总额定负载的负载,调整原动机调速机构和发电机磁场变阻器,使各发电机承担按各自额定功率比例分配的负载,然后改变负载进

行试验。

各发电机承担的实际负载与按发电机额定功率比例分配值之差 ΔP ，可按式(4)计算：

$$\Delta P = P - P_{ps} = P - \frac{P_n \times P_{\Sigma}}{P_{n\Sigma}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

P ——发电机承担的实际负载，单位为千瓦(kW)；

P_{ps} ——按发电机额定功率比例分配的负载值，单位为千瓦(kW)；

P_n ——所涉及发电机额定功率，单位为千瓦(kW)；

P_{Σ} ——所加总负载，单位为千瓦(kW)；

$P_{n\Sigma}$ ——投入并联运行所有发电机额定功率总和，单位为千瓦(kW)。

结果应符合 5.7.12 的规定。

6.13 电源电压变化试验

电动机在温升试验后，在 5.7.2 规定的电源电压变化条件下进行试验，电动机应能输出额定功率，测出此时电动机电流。此时温升不作考核。

电源电压变化试验结果应符合 5.7.2 的规定。

6.14 匝间冲击耐电压试验

6.14.1 额定电压 110 V 及以上电机的电枢绕组的匝间绝缘，应按 JB/T 9617—1999 第 7 章的规定进行冲击耐电压试验。结果应符合 5.7.4 的规定。

6.14.2 电机磁场绕组的匝间绝缘，应按 JB/T 5810—2007 的规定进行冲击耐电压试验。结果应符合 5.7.4 的规定。

6.15 噪声、振动测定方法

6.15.1 电机的噪声测定应按 GB/T 10069.1—2006 的规定进行，结果应符合 5.7.19.1 的规定。

6.15.2 电机的振动烈度测定应按 GB 10068—2008 的规定进行，结果应符合 5.7.19.2 的规定。

6.16 电磁兼容试验方法

电机的电磁兼容试验应按 GD 01—2006 的规定进行，结果应符合 5.7.20 的规定。

6.17 包装检查

用目视手动的方法检验船用直流电机的包装，结果应符合 8.1 的规定。

6.18 轴电压或轴电流测量

表 12 中项 25 在检验时，按经船检或用户认可的试验方式进行测量，结果应符合 5.5.8 的规定。

7 检验规则

7.1 通则

本标准规定的电机须经检验合格后才能出厂，并附有产品检验合格证。

7.2 检验分类

电机的检验分为如下几类：

- a) 出厂检验；
- b) 型式检验。

7.3 抽样

电机抽样检查的样本数和抽样程序按 GB/T 2828.1 的规定，抽样方案及合格质量水平应符合各类产品标准的规定。

7.4 检查项目

7.4.1 出厂检验

每台电机均应进行出厂检验。检验项目见表 12。

表 12 检验项目

序号	检验项目	出厂检验	型式检验	要求章条号	试验方法章条号
1	机械性能及外观质量检查	✓	✓	5.6	6.2
2	安装尺寸及外形尺寸的检查	✓	✓	5.4.7	6.1
3	接地、标志及接线盒检查	✓	✓	5.5.4、5.5.5 5.8	6.4
4	电气间隙和爬电距离测定	—	✓	5.5.9	6.3
5	绕组在实际冷态下直流电阻的测定	✓	✓	—	6.1
6	绕组对机壳及绕组相互间绝缘电阻测定 ^a	✓	✓	5.7.1	6.1
7	工频耐电压试验	✓	✓	5.7.3	6.1
8	短时耐电压试验	✓	✓	5.7.4	6.1
9	空载特性的测定 ^a	✓	✓	—	6.1
10	效率的测定	—	✓	5.4.8	6.1
11	额定负载试验	✓	✓	5.1	6.1
12	发电机短时过电流试验 ^a	✓	✓	5.7.7.1	6.1
13	电动机短时转距试验 ^a	✓	✓	5.7.7.2	6.1
14	发电机电压负载特性的测定 ^a	✓	✓	5.7.11	6.11
15	发电机电压调整率测定	—	✓	5.7.6.1	6.1
16	电动机转速调速率测定	—	✓	5.7.6.3	6.1
17	温升试验	—	✓	5.7.5	6.1
18	超速试验	✓	✓	5.7.8	6.1
19	盐雾试验 ^b	—	✓	5.7.15	6.8
20	耐潮试验	—	✓	5.7.13	6.6
21	长霉试验 ^b	—	✓	5.7.14	6.7
22	耐化学活动物腐蚀试验 ^b	—	✓	5.7.16	6.9
23	倾斜和摇摆试验 ^c	—	✓	5.7.18	6.10
24	外壳防护性能试验 ^c	—	✓	5.5.1	6.10
25	轴电压或轴电流测量 ^f	—	✓	5.5.8	6.1
26	电动机电源电压变化试验	—	✓	5.7.2	6.13
27	噪声测定	—	✓	5.7.19.1	6.15.1
28	振动烈度测定	✓	✓	5.7.19.2	6.15.2
29	无火花换向区域的测定	—	✓	5.7.9	6.1
30	电磁兼容试验 ^c	—	✓	5.7.20	6.16
31	发电机并联运行试验 ^f	—	✓	5.7.12	6.12
32	转动惯量的测定 ^a	—	✓	—	6.1
33	防爆性能试验 ^d	—	✓	5.1.2	6.1
34	包装检查	✓	—	8.1	6.17

表 12 (续)

序号	检验项目	出厂检验	型式检验	要求章条号	试验方法章条号
a 试验时应检查换向。 b 仅适用于移动和固定式近海装置用电机。已进行该项试验,则 19 项试验可不进行。 c 仅在产品定型时进行。 d 仅适用于防爆电机。 e 出厂检验时仅在 20% 及 100% 负载情况下进行。 f 产品如有需要,进行该项试验。 g 在出厂试验时由制造厂自行制订考核数值,进行考核。 h 若有有效的试验报告,可免做本试验。					

7.4.2 型式检验

7.4.2.1 凡遇下列情况之一,应进行型式检验:

- a) 新产品试制完成时;
- b) 电机的设计和工艺上的变更足以引起某些特性和参数发生变化时,则应进行有关的型式检验项目;
- c) 出厂检验的结果与以前的型式检验结果发生不允许偏差时;
- d) 国家质量检验部门有必要时,可对型式检验中某些项目进行抽试。

7.4.2.2 检验项目见表 12。

8 包装、运输和贮存

8.1 包装

8.1.1 除本标准规定的包装要求外,应符合 GB/T 13384 的规定。

8.1.2 电机轴伸平键需绑扎在轴上,轴伸和平键表面及凸缘加工面应加防锈保护措施。

8.1.3 包装应坚固结实,能适合多次装卸运输。

8.1.4 包装箱应采取防潮和防淋措施。电机在箱内不应松动,备件应牢固,并用板与电机隔开。

8.1.5 包装箱外壁文字和标志应清楚整齐,其内容包括:

- a) 发货站及到货站;
- b) 制造单位和收货单位名称及地址;
- c) 电机净重和整装箱毛重;
- d) 包装箱外形尺寸;
- e) 包装箱外适当位置标有的字母或符号应符合 GB/T 191 的规定;
- f) 包装箱吊装方式和位置。

8.1.6 每台电机的随机文件应放在防潮袋内,并固定于包装箱内部。随机文件应包括如下内容:

- a) 产品合格证;
- b) 使用维护说明书;
- c) 船检证书;
- d) 装箱清单;
- e) 产品标准中规定的其他文件。

8.2 运输和贮存

包装箱在运输贮存过程中不得受雨、雪侵袭,产品应放置在没有雨、雪侵袭,空气流通,相对湿度不大于 90%,温度不高于+45℃,不低于-25℃的仓库中。

9 备件

根据用户订货的需要,电机供应适当的备件,其种类和数量由各类型电机产品标准中规定。

10 保证期

在用户按照使用维护说明书的规定正确地使用与存放情况下,制造厂应保证电机在使用的一年内,自制造厂起运日期起不超过二年的时间内能良好地运行,如在此规定的时间内,电机因制造质量不良而发生损坏或不能正常工作时,制造厂应无偿地为用户修理、更换零件直至整台电机。
