

中国船舶工业行业协会团体标准

T/CANSI 172—2025

船用低速分半式抱轴电机

Marine low- speed split-half inline generator



2025-12-29 发布

2026-02-01 实施

中国船舶工业行业协会 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 分类和标记 2

 4.1 分类型式 2

 4.2 基本结构 2

 4.3 基本参数 3

 4.4 型号表示方法 4

5 要求 4

 5.1 设计与结构 4

 5.2 环境适应性 5

 5.3 外观 6

 5.4 材料 6

 5.5 绝缘电阻 6

 5.6 振动 6

 5.7 噪声 6

 5.8 电磁兼容性 6

 5.9 耐潮性能 7

 5.10 耐电压 7

 5.11 空载性能 7

 5.12 短时升高电压 7

 5.13 超速 7

 5.14 过电流 7

 5.15 温升 7

 5.16 稳态短路特性 8

6 试验方法 8

 6.1 试验设备 8

 6.2 设计与结构检查 8

 6.3 环境适应性 9

 6.4 外观检查 9

 6.5 材料检查 9

 6.6 绝缘电阻测定 9

 6.7 振动测定 9

 6.8 噪声测定 9

 6.9 电磁兼容性测定 9

 6.10 耐潮性能测定 9

 6.11 耐电压试验 9

 6.12 空载性能试验 9

6.13 短时升高电压试验 9

6.14 超速试验 10

6.15 过电流试验 10

6.16 温升试验 10

6.17 稳态短路特性试验 10

7 检验规则 10

7.1 检验类型 10

7.2 型式检验规则 10

7.3 出厂检验规则 10

7.4 检验项目 10

8 标志、包装、运输与贮存 11

8.1 标志 11

8.2 包装 12

8.3 运输与贮存 12



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。

本文件由中国船舶工业行业协会标准化分会提出。

本文件由中国船舶工业行业协会归口。

本文件起草单位：中国船舶集团有限公司第七一一研究所、大连创为电机有限公司、中国船级社大连分社。

本文件主要起草人：刘张超、刘亮清、李东超、楼冲、宋和滨、杨璇、孟嗣斐、周晓洁、胡家龙、薛芳。



船用低速分半式抱轴电机

1 范围

本文件规定了船用低速分半式抱轴电机（以下简称电机）的分类和标记、要求、试验方法、检验规则和标志、包装、运输与贮存等。

本文件适用于转速不大于300 r/min、电压等级为400 V~6600 V、无轴承润滑的船用低速分半式抱轴电机的设计、制造和检验。

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 包装储运图形符号标志
- GB/T 755—2025 旋转电机 定额和性能
- GB/T 997—2022 旋转电机结构型式、安装型式及接线盒位置的分类（IM代码）
- GB/T 1029—2021 三相同步电机试验方法
- GB/T 1971 旋转电机 线端标志与旋转方向
- GB/T 1993—1993 旋转电机冷却方法
- GB/T 4208—2017 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 4942—2021 旋转电机整体结构的防护等级（IP代码）分级
- GB/T 7060—2019 船用旋转电机基本技术要求
- GB 10068 轴中心高为56mm及以上电机的机械振动 振动的测量、评定及限值
- GB/T 10069.1 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
- GB/T 10069.3—2024 旋转电机噪声测定方法及限值 第3部分：噪声限值
- GB/T 12975—2021 船用同步发电机通用技术条件
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 14048.1—2023 低压开关设备和控制设备 第1部分：总则
- GB/T 14711—2025 中小型旋转电机通用安全要求
- GB/T 28701—2012 胀紧联结套
- 中国船级社 《电气电子产品型式认可试验指南》 2024

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

分半式抱轴电机 **split-half inline generator**

具有分半式结构，定子及转子均分为上下两半，上定子从上定子接线盒出线，下定子从下定子接线盒出线，上转子和下转子抱紧固定安装在船舶主轴上，与上定子和下定子配合组装形成完整的无轴承电机。

3.2

上定子 **upper stator**

分半式抱轴电机的不带底座安装部分的定子。

3.3

下定子 **lower stator**

分半式抱轴电机带底座安装部分的定子。

3.4

励磁装置 **excitation equipment**

通过集电环和电刷为转子提供直流励磁电源的装置, 适用于电励磁型式的分半式抱轴电机。

3.5

上定子接线盒 **upper stator junction box**

上定子用于对外接线的结构。

3.6

下定子接线盒 **lower stator junction box**

下定子用于对外接线的结构。

4 分类和标记

4.1 分类型式

4.1.1 按转子建立磁场方式电机可分为：

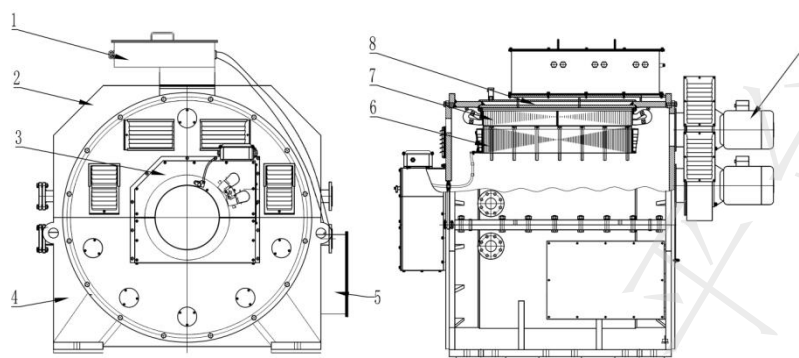
- a) 永磁式低速分半式抱轴电机，转子磁极采用永磁体的形式建立磁场；
- b) 电励磁式低速分半式抱轴电机，转子磁极采用电励磁的形式建立磁场。

4.1.2 按冷却方式电机可以分为：

- a) 水套冷+风冷；
- b) 空水冷；
- c) 其他冷却方式，可在具体产品技术文件中另行规定，本文件不进行展开描述。

4.2 基本结构

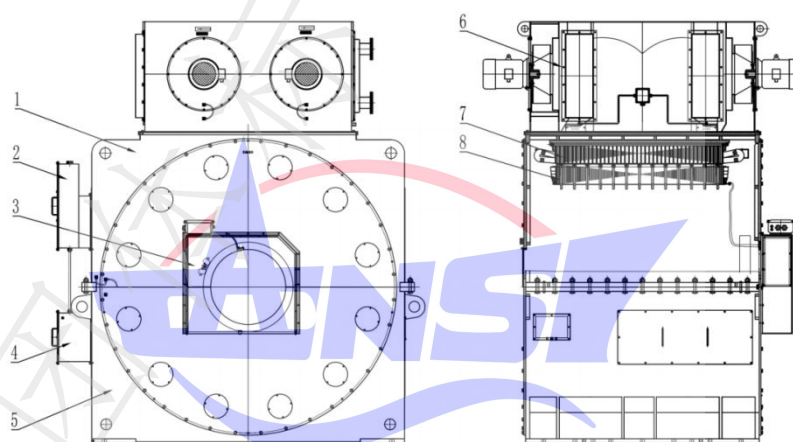
电机结构示意图见图1（水套冷+风冷）和图2（空水冷）。



标引序号说明:

- 1——上定子接线盒;
- 2——上定子, 内含上转子;
- 3——励磁装置 (永磁电机无);
- 4——下定子, 内含下转子;
- 5——下定子接线盒;
- 6——磁极;
- 7——定子铁心;
- 8——水套;
- 9——风机。

图 1 低速分半式抱轴电机示意图 (水套冷+风冷)



标引序号说明:

- 1——上定子, 内含上转子;
- 2——上定子接线盒;
- 3——励磁装置 (永磁电机无);
- 4——下定子接线盒;
- 5——下定子, 内含下转子;
- 6——空水冷却器;
- 7——定子铁心;
- 8——磁极。

图 2 低速分半式抱轴电机示意图 (空水冷)

4.3 基本参数

电机应按表 1 规定的额定功率制造。

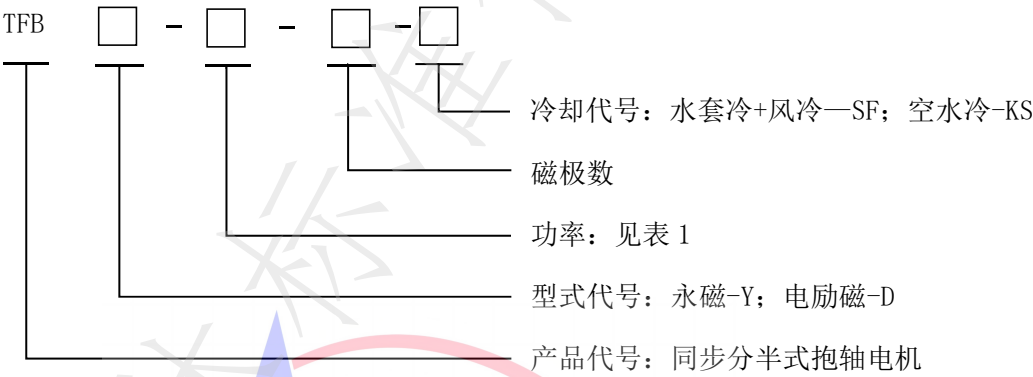
表 1 额定功率列表

单位为千瓦

序号	额定功率	序号	额定功率	序号	额定功率	序号	额定功率
1	150	8	450	15	1000	22	2800
2	200	9	500	16	1120	23	3150
3	250	10	560	17	1250	24	3550
4	280	11	630	18	1400	25	4000
5	315	12	710	19	1600	26	4500
6	355	13	800	20	2040	27	5000
7	400	14	900	21	2500	28	5600

4.4 型号表示方法

电机的型号表示方法如下：



示例1：功率为1000 kW，磁极数为28极，水套冷+风冷的电励磁式船用低速分半式抱轴电机标记为：
T/CANSI 172—2025 TFB D-1000-28-SF。

示例2：功率为500 kW，磁极数为24极，空水冷的永磁式船用低速分半式抱轴电机标记为：
T/CANSI 172—2025 TFB Y-500-24-KS。

5 要求

5.1 设计与结构

- 5.1.1 电机的冷却方式应按 GB/T 1993—1993 的规定采用水套冷+风冷或空水冷 IC81W。
- 5.1.2 电机的安装方式应按 GB/T 997—2022 的规定采用 IMB3。安装时先安装下半定子及下半端盖，紧固后安装磁极等，最后安装上半定子及上半端盖，左右通过固定在钢板底座上的螺母和调整螺栓微调，确保端盖与轴间隙均匀，可根据现场与船体位置实时调整并加固。
- 5.1.3 电机的转速范围应根据船舶主机或船舶轴系转速确定，转速不应大于 300 r/min。
- 5.1.4 电机的电压应根据船舶电压及变流器而定，适用于 400 V~6600 V 船舶电网。
- 5.1.5 电机的电气连接形式应根据船舶设计或性能要求确定，支持三相三线制或三相四线制，六相六线制。

5.1.6 电机的绝缘等级宜为 F(155) 级和 H(180) 级二种。

5.1.7 电机的外壳防护等级应符合 GB/T 4942—2021 的规定，电机的外壳防护等级不低于 IP22，1000V 以上电机的外壳防护等级不低于 IP23，接线盒的防护等级应与电机一致，但不低于 IP44。

5.1.8 电机的电气间隙和爬电距离应符合 GB/T 14048.1—2023 中 8.2.3 的规定。

5.1.9 电机应采用连续工作制（S1 工作制）。

5.1.10 防冷凝加热器

电机应在内部设置防止潮气在绕组上凝雾的防冷凝加热器。加热器的总功率应使电机被加温到机壳内的温度比电机所处的周围的温度高 5℃，但不应致使加热器附近的绝缘超过规定的温度限制，加热器应采用单相供电，其安装应便于检查和更换。

5.1.11 泄水孔

电机底部应设 1~2 个泄水孔，泄水孔应按 GB/T 4942—2021 中 5.4 的规定满足电机的防护等级要求。

5.1.12 接地

5.1.12.1 电机应按 GB/T 14711—2025 中第 9 章的要求，有牢固可靠的接地装置，接地路径的电阻应不大于 0.1 Ω，并有耐久、清晰、明显的接地标志。

5.1.12.2 对额定电压 1000 V 及以下的电机，应在接线盒内设置专用的接地端子，若电机额定输出超过 100 kW，则应在电机机座上另装一个外接地端子。对额定电压 1000 V 以上的电机，应在电机机座上设置一个接地端子。

5.1.12.3 采用接地螺栓接地时，接地螺栓应采用铜质或导电良好的耐腐蚀材料制成，并具有足够的机械强度，接地螺栓最小直径应符合 GB/T 12975—2021 中 4.4.12 规定。

5.1.12.4 接地导线截面积应符合 GB/T 755—2025 中表 21 的规定。

5.2 环境适应性

电机在下列环境条件下应能持续处于额定工作状态：

a) 环境空气温度：

- 1) 无限航区的电机：-10℃~45℃。
- 2) 有限航区的电机：0℃~40℃。

b) 一次冷却水温度：

- 1) 无限航区的电机：不超过 36℃。
- 2) 有限航区的电机：不超过 32℃。

c) 相对湿度 95%，并有凝露。

d) 有盐雾、油雾、霉菌的影响。

e) 倾斜与摇摆：

- 1) 纵倾：5°；
- 2) 纵摇：7.5°；
- 3) 横倾：15°；
- 4) 横摇：22.5°。

f) 船舶在正常运行和作业中产生的冲击和振动的影响。

5.3 外观

- 5.3.1 电机表面应清洁、无锈蚀、油污、划痕、镀涂层剥落。
- 5.3.2 电机应在油漆喷涂前进行焊缝检查，焊接应牢固，焊缝应均匀，无焊穿、咬边、夹渣及气孔等缺陷，焊渣焊药清除干净后进行喷砂处理，最后进行油漆喷涂。
- 5.3.3 电机的喷漆表面不应有刮伤、刻痕、刮痕、鱼眼和空缺，且无杂质。

5.4 材料

电机各部位材料应符合表2的规定。

表 2 电机各部位材料

部位	材料要求
外壳	电机外壳材料应符合 GB/T 7060—2019 中 5.3 的规定。
接线盒及接线装置	电机的接线盒及接线装置材料应符合 GB/T 14711—2025 中第 6 章的规定。
转轴	电机为无轴承设计，不考虑转轴材料。
联接件	电机的联接件材料应符合 GB/T 14711—2025 中第 13 章的规定。若使用胀紧套等作为轴连接装置，其材料应符合 GB/T 28701—2012 中 5.2 的的规定。
绝缘支撑部件	电机的绝缘支撑材料应符合 GB/T 14711—2025 中第 14 章的规定。
其他部位	电机其他部件宜采用具有滞燃、耐久、耐潮、耐霉和低毒的材料,不应使用含有石棉的材料。

5.5 绝缘电阻

电机的绝缘电阻应符合GB/T 12975—2021中4.5.16的规定。

5.6 振动

电机空载时测得的振动强度不应超过表3规定的限值，振动等级划分为两种，如未指明振动等级时，电机的振动限值应符合等级“A”的要求。

表 3 不同轴中心高 H(mm)用位移、速度表示的振动强度限值（方均根值）

振动等级	轴中心高(H) mm	56≤H≤132		132<H≤280		H>280	
	安装方式	位移 μm	速度 mm/s	位移 μm	速度 mm/s	位移 μm	速度 mm/s
A	刚性安装	21	1.3	29	1.8	37	2.3
B		—	—	14	0.9	24	1.5
注1：等级“A”适用于对振动无特殊要求的电机。 注2：等级“B”适用于对振动有特殊要求的电机，轴中心高不大于132mm的电机不考虑刚性安装。 注3：位移与速度的接口频率为10 Hz。							

5.7 噪声

电机噪声应符合GB/T 10069.3—2024中第6章的规定。

5.8 电磁兼容性

电机的电磁兼容性应符合GB/T 12975—2021中4.5.29的相关规定。

5.9 耐潮性能

电机的耐潮性能应符合GB/T 12975—2021中4.5.23的规定。

5.10 耐电压

电机的耐电压应符合GB/T 7060—2019中5.7.3中的规定。

5.11 空载性能

5.11.1 在恒定励磁情况下，电机空载输出电压幅值为额定电压的90%~110%，空载频率的波动范围为额定频率的95%~105%。

5.11.2 空载反电动势、空载电流和损耗应在某一数据范围之内，该数据范围应能保证电机性能符合电机设计要求。

5.11.3 当三相电源平衡时，电机的三相空载电流中任何一相与三相平均值的偏差应不大于三相平均值的±10%。电机三相定子绕组在实际冷却状态下各相绕组直流电阻值相互差别，应不超过其最小值的2%。

5.11.4 在出线端标号的字母顺序与三相电源的电压相序方向相同时，电机的正转方向应与标示方向一致。

5.11.5 电机转动时，应平稳轻快，无停滞现象。

5.12 短时升高电压

5.12.1 电机的绕组应承受短时升高电压，匝间绝缘不发生击穿，试验在电机空载时进行，试验的感应电压为额定电压的130%，历时5 min。在提高电压至130%额定电压时，允许同时提高转速，但应不超过115%额定转速。

5.12.2 对磁路比较饱和的电机，在转速增加到115%额定转速，且励磁电流已增加至容许的限值时，如感应电压仍不能达到所规定的试验电压，则试验允许在所能达到的最高电压下进行。

5.13 超速

电机在空载情况下应能承受铭牌上标明或者产品标准中所规定最高转速的120%，历时2 min，转动部分的机械结构应不发生损坏及有害变形。

5.14 过电流

电机及其励磁装置在热态下，应能承受150%额定电流，历时2 min，此时端电压应尽可能维持在额定值，功率因数为0.5（滞后），不应发生损坏及有害变形。

5.15 温升

5.15.1 电机温升应符合GB/T 7060—2019中5.7.7的规定。

5.15.2 电机在环境空气温度45℃下额定运行时，其各部分的温升限值应符合表4的规定。当电机运行环境空气温度高于45℃时，则其温升限值应较表4规定值减去实际环境温度与45℃之差。若电机运行环境空气温度低于45℃时，则其温升限值应较表4规定值增加实际环境温度与45℃之差，但此增加值不应大于15℃。

表 4 温升限值

单位：开尔文

热分级	155 (F)			180 (H)		
测量方法	Th	R	ETD	Th	R	ETD
输出5000kW及以上电机的交流绕组	—	95	100	—	120	125
输出200kW以上但小于5000kW电机的交流绕组	—	100	105	—	120	125
热分级	155 (F)			180 (H)		
测量方法	Th	R	ETD	Th	R	ETD
磁场绕组	80	100	—	100	120	—
注：Th-温度计法，R-电阻法，ETD-埋置检温计法						

5.16 稳态短路特性

在稳态短路状态下，电机及其励磁装置至少应能维持3倍额定电流，历时2 s。

6 试验方法

6.1 试验设备

6.1.1 负载设备要求

- 6.1.1.1 用电阻作为有功功率时，其三相电流的不平衡度应不大于电机额定电流的 3%。
- 6.1.1.2 无功负载可采用堵转的异步电动机或电阻加线性电抗器，也可采用感应调压器作为无功负载，此时调压器应工作在非饱和区。
- 6.1.1.3 电机负载实验时，可采用电能反馈电网的形式。在进行电机的调频与调压特性时不应采用此种形式。

6.1.2 仪器仪表精度要求

电流表、电压表、功率表、频率表等电气仪表的精度应不低于0.5级，功率因数表的精度应不低于1.0级。
温度表、压力表等热工参数测量仪表的精度应不低于2.5级。
仪用互感器的精度应不低于0.5级。

6.1.3 测量仪表量程要求

测量仪表的量程，应使测试数据在测试仪表量程的20%~90%范围内。

6.1.4 仪表合格期要求

试验用仪器仪表、示波器等均应计量合格且在有效的合格期内。

6.2 设计与结构检查

- 6.2.1 用目视方法检查电机铭牌及标志，确认电机的转速范围、电压、绝缘等级、工作制、电气连接形式、冷却方式、安装方式等与设计要求一致。
- 6.2.2 用目视方法检查电机外观，确认防冷凝装置、泄水孔等与设计要求一致。

6.2.3 按 GB/T 4208—2017 中第 13 章～第 14 章规定的试验方法进行电机防护等级检测。

6.2.4 按 GB/T 14048.1—2023 中附录 G 规定的方法测量电机出线端子间的电气间隙和爬电距离。

6.2.5 按 GB/T 14711—2025 中 9.11 的要求测量电机接地路径电阻，按 18.4 的要求检查接线端子牢固性，按 25.6 的要求检查接线端子强度。

6.3 环境适应性

按中国船级社《电气电子产品型式认可试验指南》中 2.6～2.13 的规定对电机的环境适应性进行试验。

6.4 外观检查

用目视方法检查电机的外观。

6.5 材料检查

检查电机各部件合格证及检测报告。

6.6 绝缘电阻测定

电机分别在实际冷态和热态下测量绝缘电阻，按 GB/T 1029—2021 中 6.1 的规定，用兆欧表测量接线端子对壳体的绝缘电阻，使用直流 500 V 档通电 2 min 后立即读取读数（热态电阻待耐潮试验后测量）。

6.7 振动测定

检查电机由静止到额定转速范围内的最大振动点，按 GB 10068 的要求进行振动试验，在额定转速和额定负载整定后，分别在带 50%、100%、110% 额定负载时，测定电机运行部分各点三个方向上振动位移及振动速度的有效值。

6.8 噪声测定

按 GB/T 10069.1 规定的方法对电机噪声进行测定。

6.9 电磁兼容性测定

按 GB/T 7060—2019 中 6.20 规定的方法对电机的电磁兼容性能进行测定。

6.10 耐潮性能测定

按 GB/T 12975—2021 中 6.6 的规定对电机的耐潮性能进行试验。

6.11 耐电压试验

按 GB/T 7060—2019 中 6.17 和 6.18 的规定对电机绕组与机壳、绕组间进行耐电压试验。

6.12 空载性能试验

按 GB/T 1029—2021 中 6.4 的相关规定对电机进行空载性能测试。

6.13 短时升高电压试验

按 GB/T 1029—2021 中 6.12 的相关规定对电机进行短时升高电压试验。

6.14 超速试验

按GB/T 1029—2021中6.7的相关规定对电机进行超速试验。

6.15 过电流试验

按GB/T 1029—2021中11.1的相关规定对电机进行过电流试验。

6.16 温升试验

按GB/T 755—2025中8.3~8.7的相关规定对电机进行温升试验。

6.17 稳态短路特性试验

按GB/T 1029—2021中6.5的相关规定对电机进行稳态短路特性试验。

7 检验规则

7.1 检验类型

本文件规定的检验分为型式检验和出厂检验。

7.2 型式检验规则

有下列情况之一时应进行型式检验：

- a) 新产品试制定型鉴定时；
- b) 电机定型后，在出厂试验运行中电机的关键部件发生质量问题时；
- c) 停产三年后复产或转厂生产时；
- d) 出厂检验结果与以前进行的型式检验结果发生不允许偏差时；
- e) 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时；
- f) 电机的设计和工艺上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。

7.3 出厂检验规则

每台电机出厂时均应进行出厂检验。

7.4 检验项目

型式检验和出厂检验项目和要求见表5。

表5 检验项目和要求

检验顺序	检验项目	型式检验	出厂检验	技术要求	试验方法
1	设计与结构	●	●	5.1	6.2
2	环境适应性	●	—	5.2	6.3
3	外观检查	●	●	5.3	6.4
4	材料检查	●	—	5.4	6.5
5	绝缘电阻测定	●	●	5.5	6.6

表5 检验项目和要求（续）

检验顺序	检验项目	型式检验	出厂检验	技术要求	试验方法
6	振动测定	●	—	5.6	6.7
7	噪声测定	●	—	5.7	6.8
8	电磁兼容性测定	●	—	5.8	6.9
9	耐潮性能试验	●	—	5.9	6.10
10	耐电压试验	●	●	5.10	6.11
11	空载性能试验	●	●	5.11	6.12
12	短时升高电压试验	●	—	5.12	6.13
13	超速试验	●	○	5.13	6.14
14	过电流试验	●	○	5.14	6.15
15	温升试验	●	—	5.15	6.16
16	稳态短路特性试验	●	○	5.16	6.17
注：“●”必检项目；“○”可选项目；“—”不检项目					

8 标志、包装、运输与贮存

8.1 标志

8.1.1 电机应具有船检标志，并在合同中规定。

8.1.2 电机上应装有耐久材料制成的铭牌，铭牌应留有船检标记的位置，在铭牌上标记下列内容：

- a) 制造商名称；
- b) 电机名称；
- c) 电机型号；
- d) 额定频率，单位为赫兹(Hz)；
- e) 额定功率，单位为千瓦(kW)；
- f) 额定电压，单位为伏(V)；
- g) 额定电流，单位为安(A)；
- h) 转速范围，单位为转每分(r/min)；
- i) 工作制；
- j) 功率因数；
- k) 绝缘等级；
- l) 冷却方式；
- m) 外形尺寸；
- n) 质量，单位为千克(kg)；
- o) 出厂编号；
- p) 出厂年、月；
- q) 船检标志。

8.1.3 电机的出线端标志、旋转方向的标志应符合 GB/T 1971 的规定。

8.1.4 电机应有明显的接地标志，其要求应符合 GB/T 14711—2025 中第4章的规定。

8.1.5 安全警示标志和紧急处理说明应明显地置于有关部位。

8.2 包装

8.2.1 除本文件规定的包装要求外,应符合 GB/T 13384 的规定。

8.2.2 产品包装时,轴伸等部件应加防锈和磕碰等保护措施。

8.2.3 包装应坚固结实,能适合多次装卸运输。

8.2.4 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。

8.2.5 包装箱外壁文字和标志应清楚整齐,储运标志应符合 GB/T 191 的规定,其内容包括:

- a) 机组名称;
- b) 出厂编号;
- c) 包装箱尺寸;
- d) 毛重;
- e) 包装日期及有效期;
- f) 发货地点;
- g) 收货单位;
- h) “不得倒置”“向上”“小心轻放”“防潮”及挂钩和锁具位置字样和标志。

8.2.6 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。

8.3 运输与贮存

8.3.1 包装箱在运输贮存过程中不应受雨、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℃的仓库内。

8.3.2 应定期查看油封情况,到期后应重新油封。