

# 团 体 标 准

T/JSERS XXXX—XXXX

## 开关磁阻圆筒直线发电机系统

Switched Reluctance Tubular Linear Generator System

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

## 目 次

前言.....	错误!未定义书签。
引言.....	2
1 范围.....	4
2.规范性引用文件.....	4
3 术语和定义.....	4
4. 评价指标及计算方法.....	7
4.1 一般规定.....	7
4.2 平均出力.....	7
4.3 绕组铜损.....	7
4.4 出力铜损比.....	8
4.5 发电效率.....	8
5 技术要求.....	8
5.1 环境条件.....	8
5.2 基本参数.....	8
5.3 耐震动.....	10
5.4 防水.....	10
5.5 机壳密封性能.....	10
5.6 温升限值.....	10
5.7 耐电压.....	10
5.8 电机定子绕组对机壳的绝缘电阻.....	11
5.9 湿热.....	11
5.10 发电机组自启动.....	11
5.11 发电机组的中性点工作制应符合下列规定：.....	11
5.12 噪声.....	12
5.13 位置传感器.....	12
5.14 电磁兼容性.....	12
5.15 可靠性.....	12
6 试验方法.....	12
6.1 外形和性能参数检测.....	12
6.2 防水试验.....	13
6.3 机壳密封性能试验.....	13
6.4 温升试验.....	13
6.5 耐电压试验.....	13
6.6 绝缘电阻.....	14
6.7 湿热试验.....	14
6.8 自启动试验.....	14
6.9 中性点工作制检查.....	14
6.10 噪声试验.....	14
6.11 位置传感器试验.....	15

6.12 振动试验.....	15
6.13 电磁兼容性试验.....	15
6.14 可靠性试验.....	15
6.15 盐雾试验.....	15
6.16 发电效率试验.....	16
7 检验规则.....	16
7.1 出厂检验.....	16
7.2 型式试验.....	16
8 标志、包装、运输、贮存和保用期.....	17
附录 A.....	19

## 前 言

本文按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第一部分：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。

本文件由中国矿业大学提出。

本文件起草单位：

中国矿业大学  
中国矿业大学深圳研究院  
苏州工学院  
烟台仙崴机电有限公司  
赛诺威机电(徐州)有限公司

本文件主要起草人：陈昊、王星、胡松、Marcin Wardach、Olimjon Toirov、Sergei Brovanov、Sherif Moussa、Musolino Antonino、Javokhir Toshov、Fransisco Danang Wijaya、Adam Torok、Emmanuel Karapidakis

## 引言

随着全球对清洁、高效能源的需求不断增长，各种新型发电技术层出不穷。圆筒型海浪发电开关磁阻发电机系统作为一种创新性的发电方案，通过引入圆筒型结构和开关磁阻原理，为可再生能源领域带来新的可能性。其独特的设计理念和高效能的特点使其备受科学家和产业界的关注。

现有的市场及研究领域的主要几类直线发电机包括：直流发电机、异步发电机、永磁同步发电机和开关磁阻发电机。直流发电机直接输出直流电，能够利用蓄电池直接储能电能。但直流发电机结构过于复杂，同时存在占用空间大、成本高，且结构中存在碳刷与滑环，发电机运行时容易产生火花。这一系列缺陷不但造成直流发电机容量较小，而且使其维护成本极高，并且使系统可靠性降低，因此在海浪发电领域并不常用。而随着电机制作工艺、现代电力电子技术、自动控制技术的发展，交流发电机已经成为海浪发电领域的主流发电机之一。交流发电机具有很多突出的优点，例如：电机结构简单、运行与维护成本低、可靠性较高等，因此在海浪发电系统中能够得到应用。然而，交流发电机运行时必须吸收无功功率以建立气隙磁场，将会降低线路的功率因数。并且，无功功率的下降也会降低线路电压，使线路损耗上升，并影响系统运行的稳定性。相较永磁同步发电机而言，交流发电机的功率密度和发电效率也较低，系统功率因数低，体积大。永磁同步发电机由于定子或动子上安装有永磁体，其有着远超其他发电机的高功率密度、高效率、高功率因数等优势，吸引了很多海浪发电市场以及研究者的兴趣。而永磁同步发电机由于永磁体的存在，永磁体极易产生退磁现象，导致发电机的功率密度、发电效率等性能指标明显降低。

现有的市场及研究领域的主要几类海浪直线发电机包括：直流发电机、异步发电机、永磁同步发电机和开关磁阻发电机。直流发电机直接输出直流电，能够利用蓄电池直接储能电能。但直流发电机结构过于复杂，同时存在占用空间大、成本高，且结构中存在碳刷与滑环，发电机运行时容易产生火花。这一系列缺陷不但造成直流发电机容量较小，而且使其维护成本极高，并且使系统可靠性降低。而随着电机制作工艺、现代电力电子技术、自动控制技术的发展，交流发电机已经成为海浪发电领域的主流发电机之一。交流发电机具有很多突出的优点，例如：电机结构简单、运行与维护成本低、可靠性较高等。然而，交流发电机运行时必须吸收无功功率以建立气隙磁场，将会降低线路的功率因数。并且，无功功率的下降也会降低线路电压，使线路损耗上升，并影响系统运行的稳定性。相较永磁同步发电机而言，交流发电机的功率密度和发电效率也较低，系统功率因数低，体积大，而这限制了交流发电机在海浪发电领域中的进一步发展。永磁同步发电机由于定子或动子上

安装有永磁体，其有着远超其他发电机的高功率密度、高效率、高功率因数等优势，吸引了很多海浪发电市场以及研究者的兴趣。而永磁同步发电机由于永磁体的存在，永磁体极易产生退磁现象，导致发电机的功率密度、发电效率等性能指标明显降低。

# 开关磁阻圆筒直线发电机系统

## 1 范围

本文件规定了开关磁阻圆筒直线发电机系统的术语和定义、评价指标及计算方法、技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输、贮存和保用期。

本文件适用于以海浪能为输入、采用圆筒型结构和开关磁阻发电机实现机电能量转换的发电系统。

## 2.规范性引用文件

GB/T 755, 旋转电机 定额与性能

GB/T 1971, 旋转电机 线端标志与旋转方向

GB/T 2900.25, 电工术语 旋转电机

GB/T 2900.33, 电工术语 电力电子技术

GB/T 4208, 外壳防护等级 (IP 代码)

GB/T 4942, 旋转电机整体结构的防护等级 (IP 代码) 分级

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 2423.3, 环境试验 第 2 部分: 试验方法 试验 Cab: 恒定湿热试验

GB/T 2423.17, 环境试验 第 2 部分: 试验方法 试验 Ka: 盐雾

GB/T 37551, 海洋能 波浪能、潮流能和其他水流能转换装置术语

GB/T 41340.2, 海洋能电站发电量计算技术规范 第 2 部分: 波浪能

GB/T 41341.2, 海洋能电站选址技术规范 第 2 部分: 波浪能

IEC 60034-1, Rotating electrical machines—Part 1: Rating and performance

IEC 62600 (所有部分), Marine energy—Wave, tidal and other water current converters

## 3 术语和定义

GB/T 2900.25、GB/T 37551 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。其中, 电机通用术语主要参考 GB/T 2900.25 《电工术语 旋转电机》, 海洋能相关术语主要参考 GB/T 37551-2019 《海洋能 波浪能、潮流能和其他水流能转换装置术语》。

### 3.1

圆筒型海浪发电开关磁阻发电机系统

cylindrical wave-energy switched reluctance generator system

利用海浪作用驱动做往复或相对运动, 并通过圆筒型结构的开关磁阻发电机实现机械

能向电能转换的发电系统。

注：该系统通常由圆筒型开关磁阻发电机本体、动子、定子、绕组、位置检测装置、功率变换与控制单元以及必要的机械连接与密封防护部件组成。

### 3.2

开关磁阻发电机

switched reluctance generator; SRG

基于磁阻最小原理工作，通过控制相绕组通断使机械能转换为电能的发电机。

注：其主要特点为转子或动子结构简单、无需永磁体、适于恶劣环境运行。

来源：定义结合开关磁阻电机基本原理提出，表述参考电机通用术语体系和开关磁阻电机通用技术表述，基础术语体系可与 GB/T 2900.25 保持协调。

### 3.3

圆筒型结构

cylindrical structure

定子、动子或系统总体采用同轴圆筒形式布置的结构形式。

注：该结构通常具有受力均匀、密封布置方便和适于海洋环境应用等特点。

### 3.4

定子

stator

圆筒型海浪发电开关磁阻发电机系统中相对静止的电磁部件，通常由铁心、绕组及支撑结构组成。

来源：术语来源于电机通用术语体系，可与 GB/T 2900.25 保持一致。

### 3.5

动子

mover

圆筒型海浪发电开关磁阻发电机系统中作相对运动的电磁部件。

注：在海浪能发电工况下，动子通常在波浪作用下相对于定子做往复直线运动。

### 3.6

额定电压

rated voltage

在规定工作条件下，发电机系统长期稳定运行时的标称输出电压。

来源：术语属于电机和电工领域通用参数术语，表述与 GB/T 2900.25、IEC 60034-1 的参数定义原则一致。IEC 60034-1 为旋转电机定额与性能基础国际标准。

### 3.7

最高工作电压

maximum operating voltage

在规定工况范围内，发电机系统允许出现的最高输出电压。

### 3.8

额定功率

rated power

在规定工作条件下，发电机系统能够长期连续输出的有功功率。

### 3.9

持续功率

continuous power

在规定环境条件和冷却条件下，发电机系统在允许温升范围内可连续输出的最大功率。

### 3.10

发电效率

generating efficiency

发电机系统输出电功率与输入机械功率之比。

注：通常以百分数表示。

### 3.11

电磁力平滑系数

electromagnetic force smoothing coefficient

表征发电机系统在运行过程中电磁力波动平稳程度的评价参数。

注：该系数越优，表示电磁力脉动越小、输出越平稳。

### 3.12

绕组铜损

winding copper loss

发电机绕组因电流流过导体电阻而产生的功率损耗。

### 3.13

平均出力

average output power

在给定运行周期或规定测试时段内，发电机系统输出功率的平均值。

3.14

潜没深度

submergence depth

圆筒型海浪发电开关磁阻发电机系统或其指定部件在运行状态下浸没于水中的设计深度或允许工作深度。

来源：术语结合海洋能装备运行环境提出，相关海洋能装置术语体系可参考 GB/T 37551。

3.15

自启动能力

self-starting capability

发电机系统在规定初始条件下，无需外部辅助驱动即可进入正常发电运行状态的能力。

## 4. 评价指标及计算方法

### 4.1 一般规定

圆筒型海浪发电开关磁阻发电机系统的性能评价应结合其海浪能输入条件、运行工况及输出特性进行。评价指标应能够反映系统的输出能力、损耗水平、运行平稳性和能量转换性能。

### 4.2 平均出力

平均出力按式（1）计算：

$$P_{av} = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt \quad (1)$$

其中，

$P_{av}$ ——平均出力，单位为瓦（W）；

$p(t)$ ——瞬时输出功率，单位为瓦（W）；

$T$ ——统计周期，单位为秒（s）。

### 4.3 绕组铜损

绕组铜损按式（2）计算：

$$P_{Cu} = \sum_{k=1}^m I_k^2 R_k \quad (2)$$

式中,  $P_{Cu}$ ——绕组铜损, 单位为瓦 (W);

$I_k$ ——第  $k$  相绕组电流有效值, 单位为安 (A);

$R_k$ ——第  $k$  相绕组电阻, 单位为欧 ( $\Omega$ );

$m$ ——相数。

#### 4.4 出力铜损比

出力铜损比按式 (3) 计算:

$$K_{pc} = \frac{P_{av}}{P_{Cu}} \quad (3)$$

式中,  $K_{pc}$ ——出力铜损比;

$P_{av}$ ——平均出力, 单位为瓦 (W);

$P_{Cu}$ ——绕组铜损, 单位为瓦 (W)。

#### 4.5 发电效率

发电效率按式 (4) 计算:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (4)$$

$\eta$ ——发电效率;

$P_{out}$ ——输出电功率, 单位为瓦 (W);

$P_{in}$ ——输入机械功率, 单位为瓦 (W)。

### 5 技术要求

#### 5.1 环境条件

##### 5.1.1 水质条件

1) 工作水温  $-4^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 。

2) 海水 PH 值  $5 \sim 9$ 。

##### 5.1.2 温度

海浪发电系统可以在海水温度在  $-5^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$  区间内正常运行。

##### 5.1.3 洋流方向

圆筒型海浪发电开关磁阻直线发电机可以在任意洋流方向下实现发电功能。

#### 5.2 基本参数

##### 5.2.1 总则

圆筒型海浪发电开关磁阻发电机系统的基本参数应在产品技术文件中明确, 并应至少

包括结构形式、工作制、额定电压、额定功率、持续功率、冷却方式、运动形式、绝缘等级、设计寿命和可靠性等内容。

### 5.2.2 结构及安装参数

5.2.2.1 系统应采用圆筒型结构。

5.2.2.2 系统外形尺寸、安装尺寸、接口尺寸及安装方式应在产品技术文件或技术协议中规定。

5.2.2.3 系统主要零部件及紧固连接件应满足海洋环境下防腐蚀、防松动和长期运行要求。

### 5.2.3 工作制

系统工作制应根据海浪能发电工况确定，宜采用适用于非周期变负载和变速运行条件的工作制。具体工作制应在产品技术文件中规定。

### 5.2.4 电压等级

系统额定电压应根据应用场景和配套电能变换装置要求确定。额定输出电压和最高工作电压应在产品技术文件中明确。

### 5.2.5 功率等级

5.2.5.1 系统额定功率应根据设计工况、波浪能输入条件和应用需求确定。

5.2.5.2 系统持续功率应在规定环境条件和冷却条件下确定，并在产品技术文件中标明。

5.2.5.3 当系统具有多工况运行特性时，宜给出典型工况下的输出功率范围。

### 5.2.6 冷却方式

系统应根据结构形式、安装环境和功率等级选择适宜的冷却方式。冷却方式可采用自然冷却、水冷或其他经验证可行的方式，应在产品技术文件中明确。

### 5.2.7 运动形式

系统动子运动形式应为沿轴向的往复直线运动。必要时，应在产品明显位置标示运动方向或安装方向。

### 5.2.8 型号表示方法

系统型号应由产品类别代号、结构特征代号、主要参数代号及辅助特征代号等组成，具体编制方法见附录 A。

### 5.2.9 绝缘等级

系统绝缘等级不应低于 F 级；用于长期潜没或高湿高盐环境时，宜采用 H 级绝缘。

#### 5.2.10 设计寿命

系统设计寿命应根据应用场景和维护条件确定，且不应低于 20 年。

#### 5.2.11 可靠性

系统应具有满足海洋环境连续运行要求的可靠性。平均无故障工作时间应在产品技术文件中规定。

### 5.3 耐震动

系统应具有良好的耐振动性能。按本文件规定的方法进行试验后，系统各机械连接、电气连接、密封结构及附属部件不应出现松动、裂纹、脱落、渗漏和功能失效，且系统应能正常运行。经振动试验后，系统应满足以下要求：

- a) 结构件不应出现裂纹、变形或破损；
- b) 紧固连接部位不应出现松动；
- c) 机壳及密封部位不应出现渗漏；
- d) 电气连接不应松脱，位置传感器及附属部件应工作正常；
- e) 系统应能正常运行，其主要性能不应出现异常。

### 5.4 防水

应满足 IP167 或更高等级的防护要求。

### 5.5 机壳密封性能

电机机壳应能承受不低于 200kPa 的海水压力，无渗漏。

### 5.6 温升限值

系统在额定工况下运行时，其温升限值应符合产品技术文件规定，并不应超过相应绝缘等级允许值。经温升试验后，绕组、铁心、轴承、位置传感器及其他关键部件不应因过热而影响系统正常运行。系统按本文件规定的方法进行温升试验后，应满足下列要求：

- a) 绕组温升不应超过其绝缘等级允许值；
- b) 永久性结构件和功能部件不应因温升过高而产生损伤、变形或性能异常；
- c) 位置传感器、密封件及电气连接件应工作正常；
- d) 系统应能正常运行，不应出现因过热引起的保护动作失效或运行异常。。

### 5.7 耐电压

系统应具有规定的耐电压能力。按本文件规定的方法进行试验后，系统各带电回路与机壳之间、相互绝缘的独立电路之间不应发生击穿、闪络或绝缘损坏。耐电压试验电压值

和持续时间应在产品技术文件中规定。

## 5.8 电机定子绕组对机壳的绝缘电阻

系统各带电回路与机壳之间、相互绝缘的独立电路之间，应具有足够的绝缘电阻。在常温、常湿条件下，系统冷态绝缘电阻应符合产品技术文件规定，且不应影响系统安全运行和正常使用。系统按本文件规定的方法进行绝缘电阻测定后，各被测回路不应出现绝缘性能异常。对长期处于高湿、高盐雾或潜没运行环境的系统，其绝缘结构应满足海洋环境下的使用要求。对含有电子器件、传感器、控制单元或其他不适宜承受绝缘电阻测量电压的部件，测量时应采取必要的隔离或保护措施，具体要求应在产品技术文件或技术协议中规定。经湿热试验、盐雾试验或防水试验后，系统仍应保持满足正常运行要求的绝缘性能。

## 5.9 湿热

系统按本文件规定的方法进行湿热试验后，应满足下列要求：

- a) 机壳、紧固件及其他金属部件不应出现影响正常使用的严重锈蚀；
- b) 绝缘电阻和耐电压性能应仍满足本文件规定；
- c) 密封部位不应出现影响使用的失效现象；
- d) 位置传感器、控制单元及附属装置应工作正常；
- e) 系统应能正常运行，不应出现异常停机、误动作或功能失效。

## 5.10 发电机组自启动

发电机组自启动宜采用电启动方式，电启动设备宜按下列要求设置：

- 1) 蓄电池组宜靠近启动发电机组设置，并应防止油、水浸入；
- 2) 应设置整流充电设备，其输出电压宜高于蓄电池组的电动势 50%，输出电流不小于蓄电池 10h 放电率电流；
- 3) 当连续三次自启动失败，应在控制盘上发出报警信号；
- 4) 应自动控制机组的附属设备，自动转换冷却方式和通风方式。

## 5.11 发电机组的中性点工作制应符合下列规定：

1kV 及以下发电机中性点接地应符合下列要求：

- 1) 只有单台机组时，发电机中性点应直接接地，机组的接地形式宜与低压配电系统接地形式一致；
- 2) 当多台机组并列运行时，每台机组的中性点均应经刀开关或接触器接地。

3kV~10kV 发电机组的接地方式宜采用中性点经低电阻接地或不接地方式；经低电阻接地的系统中，当多台发电机组并列运行时，每台机组均宜配置接地电阻。

## 5.12 噪声

当有要求时，应符合产品技术协议规定。

## 5.13 位置传感器

对电机 A 相绕组通电定位时，传感器定位偏差不大于 1mm。当有特殊要求时，应符合产品技术协议规定。

## 5.14 电磁兼容性

系统应具备与其应用环境相适应的电磁兼容性。系统在正常运行时产生的电磁骚扰不应对外部设备造成不可接受的影响；在规定的电磁干扰条件下，系统不应发生误动作、异常停机或功能失效。经电磁兼容性试验后，系统应能正常运行，控制、检测和保护功能应保持正常。

系统按本文件规定的方法进行电磁兼容性试验后，应满足下列要求：

- a) 系统应能正常启动、运行和停机；
- b) 输出性能不应出现明显异常；
- c) 控制单元、位置传感器及监测装置应工作正常；
- d) 不应出现永久性功能失效、数据丢失或保护功能异常。

## 5.15 可靠性

系统应具有满足海洋环境和海浪发电工况要求的可靠性。按本文件规定的方法进行耐久性 or 可靠性试验后，系统不应出现结构损坏、绝缘失效、密封失效或功能异常，且应能保持正常发电、控制和保护功能。系统设计寿命和平均无故障工作时间应在产品技术文件中规定。

# 6 试验方法

## 6.1 外形和性能参数检测

采用目测、量具测量和查阅产品技术文件相结合的方法，对系统外观、结构完整性、铭牌标志、安装尺寸、接口尺寸及基本参数进行检查。检查内容应包括：

- a) 外观应无明显变形、裂纹、破损、锈蚀和机械损伤；
- b) 表面涂层、防护层应均匀完整，不应有起皮、脱落等缺陷；
- c) 紧固件应连接牢固，不应有松动；

- d) 铭牌、接线标志、运动方向标志及其他必要标识应齐全、清晰；
- e) 外形尺寸、安装尺寸和接口尺寸应符合产品图样、技术文件或技术协议的规定；
- f) 额定电压、额定功率、持续功率、绝缘等级、冷却方式、运动形式等基本参数应与产品技术文件一致。

检查结果符合本文件及相关技术文件要求时，判定该项目合格。

## 6.2 防水试验

系统防水性能应按产品设计防护等级进行试验。试验前，应对系统外观、密封状态和试验准备情况进行检查。试验时，应按规定的防护等级要求，对系统进行相应的淋水、喷水、冲水或浸水试验。试验后，应检查系统内部是否有进水现象，并检查绝缘性能、密封性能及运行功能是否正常。试验后系统应满足下列要求：

- a) 不应出现影响正常运行的进水；
- b) 绝缘电阻和耐电压性能应满足本文件规定；
- c) 系统应能正常运行，不应出现功能异常。

## 6.3 机壳密封性能试验

机壳密封性能可采用气密、液密或其他适宜方法进行检测。试验时，应根据系统结构特点，对机壳、法兰连接部位、接线引出部位、密封件安装部位等进行重点检测。试验压力、保压时间及允许泄漏量应在产品技术文件或技术协议中规定。试验后，机壳及密封部位不应出现渗漏、破损或影响使用的永久变形。

## 6.4 温升试验

温升试验应在规定的环境条件、冷却条件和工作制下进行。系统应在额定工况或规定工况下连续运行，直至温度达到热稳定状态；对不能明显达到热稳定状态的系统，可按产品技术文件规定的方法进行判定。应测量绕组、铁心、轴承、位置传感器及其他关键部件的温度，并记录环境温度。温升按被测部件温度与环境温度之差确定。试验后，各部位温升应符合 5.6 的规定，且系统应能正常运行。

## 6.5 耐电压试验

耐电压试验应在绝缘电阻测定合格后进行。试验时，应对带电回路与机壳之间、相互绝缘的独立电路之间施加规定的试验电压。试验电压值、施加部位和持续时间应按产品技术文件或技术协议规定执行。对含有电子器件、位置传感器或控制单元的系统，试验前应采取必要的隔离或保护措施。试验过程中和试验后，不应发生击穿、闪络或绝缘损坏。

## 6.6 绝缘电阻

绝缘电阻应在系统冷态、断电状态下进行测定。

测量部位应包括：

- a) 带电回路与机壳之间；
- b) 相互绝缘的独立电路之间；
- c) 产品技术文件规定的其他需测量部位。

应根据系统额定电压和结构特点选用适宜的绝缘电阻测量仪器。对不适宜承受测量电压的电子器件、控制单元和传感器，应采取隔离或保护措施。测定结果应符合 5.8 的规定。

## 6.7 湿热试验

湿热试验应按 GB/T 2423.3 规定的方法进行，或按产品技术文件规定的条件进行。试验前，应检查并记录系统外观、绝缘电阻及必要的初始性能参数。试验结束后，应在规定恢复条件下进行外观检查，并测定绝缘电阻、耐电压及必要的运行性能。试验后，系统应满足 5.9 的要求。

## 6.8 自启动试验

自启动试验应在规定的初始工况和负载条件下进行。试验时，应使系统在无外部辅助启动条件下进入运行状态，记录启动过程中的时间、运动响应、输出变化及控制状态。试验可连续进行多次，以验证系统自启动能力的稳定性和重复性。试验后，系统应能在规定条件下正常进入运行状态，不应出现失步、卡滞、误动作或异常停机。

## 6.9 中性点工作制检查

对设有中性点引出或中性点工作要求的系统，应检查其接线方式、连接状态和工作方式是否符合产品技术文件规定。必要时，可在运行状态下检测中性点电位、回路状态及有关电参数。检查结果应与产品技术文件一致，且不应影响系统正常运行和安全性。

## 6.10 噪声试验

噪声试验宜按 GB/T 10069.1 规定的方法进行，或按适用于本系统的等效方法进行。试验应在规定工况下进行，测量环境应满足噪声测试要求。应记录系统在运行状态下的噪声值，并根据产品技术文件规定进行判定。

### 6.11 位置传感器试验

位置传感器试验应在系统安装状态或等效安装状态下进行。应检查位置传感器的安装牢固性、输出信号稳定性、响应准确性和与控制单元的匹配情况。必要时，应在不同运动位置、不同速度或不同工况下测量传感器输出信号。试验后，位置传感器应工作正常，不应出现信号丢失、误触发、漂移过大或功能异常。

### 6.12 振动试验

振动试验应根据系统安装方式、运行工况和应用条件进行。试验时，应按规定方向、频率范围、振幅或加速度以及持续时间对系统施加振动。试验后，应检查系统结构、紧固件、密封状态、电气连接和运行功能。试验后系统应符合 5.3 的规定。

### 6.13 电磁兼容性试验

系统电磁兼容性试验应包括电磁骚扰发射和抗扰度试验。试验项目、试验等级、测试布置和判定准则应根据系统应用环境及产品技术文件规定确定。试验过程中，应观察并记录系统启动、运行、停机、输出、控制和保护功能状态。试验后，系统不应出现永久性功能失效、误动作、异常停机或数据异常。试验结果应符合 5.14 的规定。

### 6.14 可靠性试验

可靠性试验可采用耐久运行试验、连续运行试验、循环运行试验或其他适宜方法进行。试验条件应尽可能模拟系统实际运行工况，包括但不限于运动频率、负载变化、环境条件和运行时间。试验过程中，应记录系统运行状态、故障情况、停机次数及主要性能参数变化。试验后，应对系统进行外观检查、绝缘检查、密封检查及功能检查。试验后，系统应符合 5.15 的规定。

### 6.15 盐雾试验

盐雾试验应按 GB/T 2423.17 规定的方法进行。试验前，应检查并记录系统外观和防护层状态。试验结束后，应对系统表面涂层、金属部件、紧固件、密封部位及电气连接部位进行检查。试验后，系统不应出现影响正常使用的严重腐蚀、涂层脱落、密封失效或功能异常。

## 6.16 发电效率试验

发电效率试验应在规定工况下进行。试验时，应分别测量系统输入机械功率和输出电功率。发电效率按输出电功率与输入机械功率之比计算。必要时，可在多个典型工况下测定效率，并给出效率曲线或典型效率值。

## 7 检验规则

### 7.1 出厂检验

每个电机在交货前都必须通过出场检验，出厂检验至少包括以下项目，检验项目的顺序由制造厂决定：

- a) 机械检查，包括动子运动检查、安装尺寸、外形尺寸、质量、外观及铭牌内容的检查；
- b) 电机定子绕组的液态直流电阻值；
- c) 电机绕组匝间绝缘；
- d) 电机定子绕组对机壳的绝缘电阻；
- e) 耐电压；
- f) 空载检查
- g) 位置传感器检查；
- h) 安全接地检查。

### 7.2 型式试验

有下列情况之一时，应进行型式试验：

- a) 新产品或定型产品转厂生产时；
- b) 产品在结构、材料、工艺或关键部件方面有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 停产一年以上恢复生产时；
- d) 出厂检验结果与上次型式试验结果有较大差异时；
- e) 合同要求或用户提出进行型式试验时；
- f) 国家有关质量监督机构提出要求时。

型式试验项目应包括：

- a) 外观与安装尺寸检查；
- b) 冷态绕组直流电阻测定；
- c) 绝缘电阻测定；

- d) 耐电压试验;
- e) 温升试验;
- f) 发电效率试验;
- g) 噪声试验;
- h) 防水防尘试验;
- i) 盐雾试验;
- j) 恒定湿热试验;
- k) 振动试验;
- l) 位置传感器试验;
- m) 电磁兼容性试验;
- n) 耐久性试验;
- o) 产品技术文件规定的其他必要试验项目。

振动试验应按本文件规定的方法进行。试验后，产品应符合 5.3 的要求。型式试验样品经全部试验项目检验后，若各项结果均符合本文件规定，则判定该产品型式试验合格；若有一项及以上不符合要求，则判定该产品型式试验不合格。

## 8 标志、包装、运输、贮存和保用期

**8.1** 铭牌材料及铭牌上的数据的刻划方法应保证其字迹在发电机整个使用期间不易磨灭。

**8.2** 铭牌应固定在发电机基座的上半部，应标明项目如下：

- a) 制造厂名称;
- b) 发电机名称;
- c) 发电机型号;
- d) 外壳防护等级;
- e) 额定功率;
- f) 额定电流;
- g) 额定电压;
- h) 绝缘等级;
- i) 接线方法;
- j) 制造厂出场年月和出厂编号;
- k) 质量;

l) 标准编号。

**8.3** 发电机定子绕组的六个出线段及在接线板的接线位置上均应有相应的标志，并保证其自己在发电机整个使用时期内不易磨灭。其标志按表 1 规定。

表 1 出线端标志

定子绕组名称	出线端标志	
	始端	终端
第一组	A1	A2
第二组	B1	B2
第三组	C1	C2

**8.4** 电机使用维护说明书及产品合格证应随同每台发电机供给用户。

**8.5** 发电机的包装应能保证在正常的储运条件下，自发货之日起的一年时间内不致因包装不善而导致的受潮与损坏。

**8.6** 包装箱外壁的文字和标志应清楚、整齐，内容如下：

- a) 发货站及制造厂名；
- b) 收货站及收货单位名称；
- c) 电动机型号和装箱日期；
- d) 箱子尺寸；
- e) 在箱外的适当位置应标有“小心轻放”、“防潮”等字样，妻徒刑应符合 GB/T191—2008 的规定。

**8.7** 产品采用清洁的运输工具运输，不能与腐蚀性、有污染的物品混放。

**8.8** 产品贮存在通风、干燥的库房内，不得与腐蚀性金属、有破坏绝缘的气体等污染物混放。

**8.9** 用户按照使用维护说明书的规定，正确地使用与存放发电机的情况下，制造厂应保证发电机在食用的一年内，自制造厂起运的日期不超过两年的时间内能良好地运行，如在规定时间内发电机因制造质量不良而发生损害或不能正常运行时，制造厂应为用户修理或更换零件或发电机。

## 附录 A

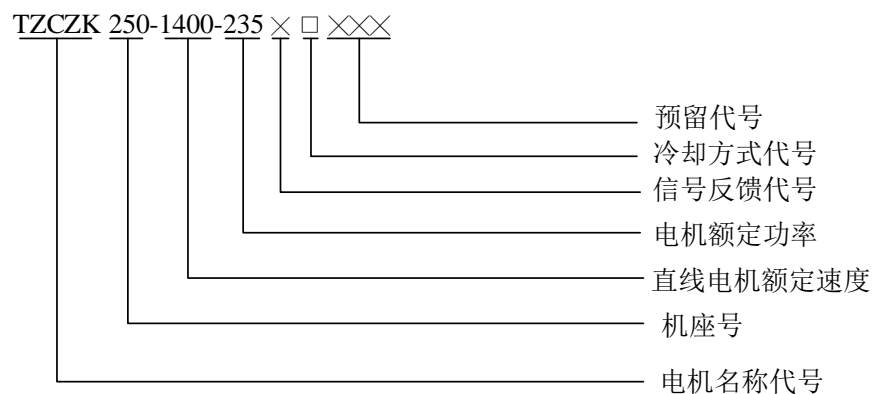
(资料性附录)

### 电机型号

#### A.1 电机型号组成

电机型号由电机名称代号、机座号、性能参数代号、信号反馈元件代号、冷却方式代号、预留代号六部分组成。

例如：



#### A.2 电机名称代号

TZCZK——圆筒型开关磁阻直线发电机。

#### A.3 机座号

根据定子铁心内径确定的轴中心高度

#### A.4 电机额定速度

作为电动机运行时，采用技术协议中规定的直线电机定子运动速度值来表示。

#### A.5 电机额定功率

用 4.2.1.4 规定的额定功率值表示。

#### A.6 信号反馈元件代号

信号反馈元件代号如下：

M——光电编码器；

X——变压器；

H——霍尔元件

无传感器不标注。

#### **A.7 冷却方式代号**

冷却方式代号如下：

S——水冷方式；

Y——油冷方式。

#### **A.8 预留代号**

英文写字母或数字的组合，其含义由技术协议规定。

