

# NB

## 中华人民共和国能源行业标准

NB / T 31041 — 2019

代替 NB/T 31041 — 2012

---

### 海上双馈风力发电机变流器技术规范

Technical specification for converter of offshore doubly-fed wind turbine generator

2019-06-04 发布

2019-10-01 实施

---

国家能源局 发 布

# 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	2
4 技术要求 .....	3
5 试验方法 .....	9
6 检验规则 .....	18
7 标志、包装、贮存和运输 .....	20
参考文献 .....	24

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准代替 NB/T 31041—2012《海上双馈风力发电机变流器》。本标准与 NB/T 31041—2012 相比，主要变化如下：

- 修改了标准名称，原《海上双馈风力发电机变流器》更名为《海上双馈风力发电机变流器技术规范》；
- 修改了第1章范围，本标准适用于海上双馈风力发电机组中的交直交电压源型低压变流器。海上双馈风力发电机组中的中压变流器可参照本标准执行；
- 修改了第2章中的规范性引用文件；
- 增加了术语和定义中的电网侧功率因数、共模电压、差模电压、 $du/dt$  值（见第3章）；
- 增加了按功率模块冷却方式分类的混合冷却型的产品型式（见4.1.1）；
- 删除了配套机组额定容量（MW）；
- 修改了柜体内部宜装设除湿装置（见4.3.1）；
- 删除了4.3.1结构及外观要求的柜体顶部需加装吊环；
- 增加了电气连接要求的c)和d)（见4.3.3）；
- 修改了过载能力需要在额定运行条件下（见4.3.7）；
- 增加了过/欠频保护、电网断电保护、电网电流不平衡保护、功率器件硬件保护（见4.3.8）；
- 修改了温升的测量条件（见4.3.9）；
- 增加了铜铝复合排的温升标准（见表3）；
- 删除了表3中浪涌保护器与主电路的电阻元件的温升要求；
- 增加了共模电压、差模电压、 $du/dt$  值的要求（见4.3.13~4.3.15）；
- 修改了有关变流器效率的要求（见4.3.16）；
- 修改了有关电网适应能力的要求（见4.3.21）；
- 增加了故障穿越能力要求（见4.3.22）；
- 修改了变流器所发出的噪声声压级的限值（见4.3.29）；
- 修改了5.3.8中的图2双馈发电机转速与功率曲线；
- 增加了共模电压测试、差模电压测试、 $du/dt$  值测试、故障穿越能力试验、贮存试验等试验方法（见5.3.15~5.3.17、5.3.24和5.3.33）；
- 修改了电网适应能力试验的相关要求（见5.3.23）；
- 修改了交变湿热试验的高温严酷程度（见5.3.27）；
- 增加了试验实施的一般要求和接地要求（见6.2.1和6.2.2）；
- 修改表6负载控制功能试验为型式试验；
- 增加了产品包装的要求（见7.2.2）。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由能源行业风电标准化技术委员会风电电器设备分技术委员会（NEA/TC 1/SC 6）归口。

本标准主要起草单位：北京金风科技电气设备有限公司、机械工业北京电工技术经济研究所、上海电气输配电集团有限公司、上海电气风电集团有限公司、明阳智慧能源集团股份公司、国电联合动力技术有限公司、浙江海得新能源有限公司、天津瑞能电气有限公司、许昌开普检测研究院股份有限公司、天津天传电控设备检测有限公司、国家电控配电设备质量监督检验中心。

本标准参加起草单位：中国电力科学研究院有限公司、北方工业大学、远景能源（江苏）有限公司、华锐风电科技（集团）股份有限公司、浙江运达风电股份有限公司、北京天诚同创电气有限公司、苏州电器科学研究院股份有限公司、中国质量认证中心、深圳市禾望电气股份有限公司、北京鉴衡认证中心有限公司、江苏金风科技有限公司。

本标准起草人：马忠宝、果岩、孙今英、陈昆明、王瑞明、张利、苑国锋、褚景春、郭亮、张新强、刘鹏、汪锋、杨才建、项峰、俞庆、任高全、王姜骅、王连杰、王艳华、杨支峰、赵玉、周党生、李浩然、白小岗、刘志。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——NB/T 31041—2012。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。



# 海上双馈风力发电机变流器技术规范

## 1 范围

本标准规定了海上双馈风力发电机变流器（以下简称“变流器”）的技术要求、试验方法、检验规则等。

本标准适用于海上双馈风力发电机组中的交直交电压源型低压变流器。海上双馈风力发电机组中的中压变流器可参照本标准执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 包装储运图示标志
- GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
- GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- GB/T 2423.4 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）
- GB/T 2423.16 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
- GB/T 2423.18 环境试验 第2部分：试验方法 试验Kb：盐雾，交变（氯化钠溶液）
- GB/T 2900.33 电工术语 电力电子技术
- GB/T 2900.53 电工术语 风力发电机组
- GB/T 3783—2019 船用低压电器基本要求
- GB/T 3797—2016 电气控制设备
- GB/T 3859.1—2013 半导体变流器 通用要求和电网换相变流器 第1-1部分：基本要求规范
- GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）
- GB/T 4768 防霉包装
- GB/T 4879 防锈包装
- GB/T 5048 防潮包装
- GB/T 5169.11 电工电子产品着火危险试验 第11部分：灼热丝/热丝基本试验方法 成品的灼热丝可燃性试验方法（GWEPT）
- GB/T 5169.21 电工电子产品着火危险试验 第21部分：非正常热 球压试验
- GB/T 7094 船用电气设备振动（正弦）试验方法
- GB/T 7350—1999 防水包装
- GB/T 8166 缓冲包装设计
- GB/T 12668.2—2002 调速电气传动系统 第2部分：一般要求 低压交流变频电气传动系统额定值的规定
- GB/T 12668.3—2012 调速电气传动系统 第3部分：电磁兼容性要求及其特定的试验方法
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 13422—2013 半导体变流器 电气试验方法
- GB/T 15543—2008 电能质量 三相电压不平衡
- GB 18802.1 低压电涌保护器（SPD） 第1部分：低压配电系统的性能要求和试验方法
- GB/T 19963 风电场接入电力系统技术规定

## NB/T 31041 — 2019

GB/T 20320—2013 风力发电机组 电能质量测量和评估方法  
GB/T 21714.4 雷电防护 第4部分：建筑物内电气和电子系统  
GB/T 23479.1 风力发电机组 双馈异步发电机 第1部分：技术条件  
JB/T 5777.2—2002 电力系统二次电路用控制及继电保护屏（柜、台）通用技术条件  
NB/T 31014 双馈风力发电机变流器技术规范  
NB/T 31051 风电机组低电压穿越能力测试规程  
NB/T 31054 风电机组电网适应性测试规程  
NB/T 31094—2016 风力发电设备海上特殊环境条件与技术要求  
NB/T 31111 风电机组高电压穿越测试规程

### 3 术语和定义

GB/T 3859.1—2013、GB/T 2900.33、GB/T 2900.53、GB 18802.1、GB/T 19963 及 NB/T 31014 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**变流器控制单元 converter control unit; CCU**

控制变流器完成各种功能并与相关外设进行数据交互的重要部件。

注：主要包括核心处理器、协处理器、输入输出接口、通信接口等。

#### 3.2

**冗余 redundancy**

重复配置系统的一些部件。

注：当系统发生故障时，冗余配置的部件介入并承担故障部件的工作，由此减少系统的故障时间。

#### 3.3

**电网侧功率因数 line-side converter power factor**

电网侧变流器交流端有功功率与视在功率的比值。

功率因数公式为：

$$\lambda = \frac{P}{S} \times 100\% \quad (1)$$

式中：

$\lambda$ ——功率因数；

$P$ ——有功功率；

$S$ ——视在功率。

#### 3.4

**共模电压 common mode voltage**

在每一导体和所规定的参照点（往往是大地或机架）之间出现的相量电压的平均值。或者说同时加在电压表两测量端和规定公共端之间的那部分输入电压的 1/3，即  $(U_a + U_b + U_c) / 3$ 。

#### 3.5

**差模电压 differential mode voltage**

相与相之间的电位差。

#### 3.6

**du/dt 值 du/dt value**

du/dt 通常定义为电压随时间变化的导数：

$$du / dt = \Delta U_i / \Delta t_i = (U_{90\%} - U_{10\%}) / (t_{90\%} - t_{10\%}) \quad (2)$$

式中：

- $du/dt$  ——电压随时间的导数；
- $\Delta U_i$  ——电压变化值；
- $\Delta t_i$  ——时间变化值；
- $U_{90\%}$  ——90%电压值；
- $U_{10\%}$  ——10%电压值；
- $t_{90\%}$  ——90%电压值对应的时间值；
- $t_{10\%}$  ——10%电压值对应的时间值。

## 4 技术要求

### 4.1 产品型式

#### 4.1.1 产品分类

产品型式分类为：

- a) 按环境温度分为常温型和低温型；
- b) 按功率模块的冷却方式分为空冷型、液冷型、混合冷却型等，宜采用液冷型。

#### 4.1.2 电网侧电压等级

变流器的电网侧电压等级(kV)优先采用以下系列：0.38(0.4)、0.6(0.62)、0.66(0.69)、1(1.05)、1.14(1.2)、2.3(2.4)、3(3.15)、6(6.3)。

注：超出以上优先系列的电压等级，由用户与制造商协商确定。

### 4.2 使用条件

#### 4.2.1 正常使用环境条件

- a) 按照 NB/T 31094—2016 中 4.2 的规定，变流器正常使用环境温度分为：
  - 常温型：-10℃~+45℃；
  - 低温型：-20℃~+45℃。
- b) 空气相对湿度：≤95%（20℃以下时）。
- c) 海拔：≤1000m。
- d) 盐雾影响：有。
- e) 霉菌影响：有。

#### 4.2.2 正常试验环境条件

主要包括使用气候条件，变流器应在如下大气环境下进行试验：

- a) 环境温度：-5℃~+40℃；
- b) 相对湿度：30%~90%（20℃以下）；
- c) 大气压力：86kPa~106kPa。

#### 4.2.3 贮存、运输时的环境温度

变流器在贮存和运输期间，环境空气的极限温度范围为-40℃~+70℃。

#### 4.2.4 正常使用的电气条件

##### 4.2.4.1 电网频率变化范围

电网频率变化范围为 47.5Hz~51.5Hz。

##### 4.2.4.2 电网电压波动范围

电网电压在额定值的 $\pm 10\%$ 之内，变流器应能正常运行。

当电网电压超出上述范围，由用户与制造商协商。

##### 4.2.4.3 电网电压不平衡度

按照 GB/T 15543—2008 中第 4 章的规定，电网电压不平衡度应不超过 2%，短时不得超过 4%。

#### 4.3 性能要求

##### 4.3.1 结构及外观要求

- a) 柜体宜采用钢制防腐设计。
- b) 柜体设一处公共接地点，柜体各处应保证与公共接地点的良好电气连接，具备电击防范措施，保护接地完整。
- c) 柜体内部宜装设除湿装置。
- d) 柜体内部控制单元的供电宜采用带屏蔽的隔离变压器的电源供电。
- e) 柜体设计应满足塔筒、机舱内的安装维护要求，易于安装，调试和维护。
- f) 柜体的按钮、开关、显示屏、信号灯与报警装置等的选型及其安装工艺，以及柜体进出线方式应与柜体的防护等级匹配。
- g) 柜体的结构牢固，应能承受运行环境下电、热、机械强度和振动对设备的影响。
- h) 操作器件应装在操作者易于操作的位置，紧急停机按钮应置于柜体最显眼最易操作的位置，且按钮本身装有保护罩。
- i) 柜体表面平整无凹凸现象，宜采用涂层处理，且漆层颜色应均匀一致，不得有起泡、裂纹和流痕等现象，柜门应能在不小于  $90^\circ$  的角度内灵活启闭。
- j) 柜体结构形式力求简单，易于触及，易腐蚀表面设计应尽可能光滑，任何必要的加强件、接头和管子等应尽可能布置在腐蚀风险低的部位，难以进行维护的空心部件应焊接牢固。其他外露于空气中的金属应采用镀层保护，一般宜使用电镀的方法进行。

##### 4.3.2 电气元器件要求

- a) 表 1 所列元器件应符合 GB/T 3783—2019 中 7.1.1.3 的要求。
- b) 除陶瓷材料外的所有固体绝缘部件都应具有耐热性，即部件经耐热性试验后，压痕横跨最大尺寸不大于 2mm。
- c) 除陶瓷材料外的所有固体绝缘部件都应具有耐燃性，即部件经灼热丝试验（或针焰试验）后不起燃，或即使发生起燃，燃烧及灼热在移开灼热丝（或针焰）后的 30s 内能完全熄灭，且指示绢纸不起燃。同时，所有塑料部件还应具有滞燃性，即经过滞燃试验后，这些部件燃烧或损坏部分的长度不大于 60mm。
- d) 所有元器件应按照制造厂说明书安装，并符合元器件各自相关标准的要求。

表 1 应满足要求的元器件分类

类别	包括类型
低压配电产品	空气断路器、塑壳断路器、微型断路器、漏电开关
低压控制及自动化产品	接触器、继电器、开关电源、电机启动器、按钮开关、指示灯、端子
熔断器产品	快速熔断器、慢速熔断器
变压器及电抗器	自耦变压器、隔离变压器、滤波电抗

### 4.3.3 电气连接要求

- a) 应保证各个电气连接的正确性，电容器、快速熔断器、电子元器件等辅助器件应在装配前筛选、测试并确认其具备正常功能。电缆截面积和电缆头的压接应满足变流器最大导通电流能力。布线应按照 GB/T 3797—2016 中 6.7 的规定进行。
- b) 所有裸露部分导体、连接头、端子排、焊接点及电路板均应作防腐、防潮处理。
- c) 导电部分宜用铜或铜合金制造。
- d) 当非铝质电气附件与铝制件相连接时，应采取适当的防止电解腐蚀的措施。
- e) 柜内布线工艺和电气连接应考虑外绝缘的腐蚀和凝露对爬电距离的影响，以及高湿度对空气绝缘的影响。
- f) 交流系统使用多芯电缆时不应使用磁性材料屏蔽。
- g) 单芯电缆需要并联时，并联电缆的型号、长度、线头工艺须相同。
- h) 固定电缆宜采用永久性防腐的非磁性线夹和支架。
- i) 屏蔽电缆或处于金属管内的电缆、屏蔽网或金属管应作等电位连接。

### 4.3.4 防触电措施

保护接地端子应具有适当的防腐蚀措施，其余按照 JB/T 5777.2—2002 中 5.12 的规定。

### 4.3.5 绝缘性能

#### 4.3.5.1 绝缘电阻

在 4.2.2 规定的正常试验大气条件下，用直流绝缘电阻表测量变流器各独立电路与外露的可导电部分之间、以及与各独立电路之间的绝缘电阻，其值应不小于  $1\text{M}\Omega$ 。

#### 4.3.5.2 介质强度

在 4.2.2 规定的正常试验大气条件下，变流器应能承受频率为 50Hz、历时 1min 的工频耐压试验，而无击穿闪络及元件损坏现象。

#### 4.3.5.3 电气间隙和爬电距离

变流器各带电电路之间以及带电部件、导电部件、接地部件之间的电气间隙和爬电距离应符合表 2 的要求。

表 2 电气间隙和爬电距离允许值

额定线电压 $U$ kV	电气间隙 mm	爬电距离 mm
0.38 (0.4)	8	14
0.6 (0.62)	12	22
0.66 (0.69)	12	22
1 (1.05)	16	32
1.14 (1.2)	18	35
2.3 (2.4)	28	55
3 (3.15)	36	75
6 (6.3)	100	125

4.3.6 负载控制功能

在允许的发电机转速范围内和规定的负载等级下，变流器应能正常控制风力发电机的并网操作和相应功率的输出。

4.3.7 过载能力

变流器的过载能力，包括电机侧和电网侧，应与双馈发电机过载能力相匹配。在变流器额定运行条件下，在 110%的标称电流下，持续运行时间应不少于 1min。

4.3.8 保护功能

变流器应至少具有以下保护功能：

- a) 过电流保护；
- b) 缺相保护；
- c) 相序错误保护；
- d) 电网电压不平衡保护；
- e) 接地故障保护；
- f) 冷却系统故障保护；
- g) 过温保护；
- h) 发电机欠/过速保护；
- i) 过/欠电压保护；
- j) 通信故障告警；
- k) 过/欠频保护；
- l) 电网断电保护；
- m) 电网电流不平衡保护；
- n) 功率器件硬件保护；
- o) 浪涌过电压保护；
- p) 防雷保护。

变流器防雷应符合 GB/T 21714.4 的要求。变流器应安装于具有雷电电磁脉冲防护系统（LEMS）的

风力发电设备区域内，满足如下 2 种情形之一：

——推荐使用变流器外部加载浪涌保护器（SPD）的方式，抑制感应雷冲击。加载 SPD 装置的变流器最小能承受的标称放电电流  $I_n$  为 20kA（波形 8/20 $\mu$ s）；

——变流器自身能够承受的最小标称放电电流  $I_n$  为 20kA（波形 8/20 $\mu$ s）。

此外，保护停机应能在保护条件解除后通过远程或就地自复位解除。

#### 4.3.9 温升

在标称电流运行条件下，待各元件热稳定后，变流器各部位的极限温升见表 3。

表 3 变流器各部位的极限温升

部件和部位	极限温升 K
主电路半导体器件	外壳温升和结温由产品技术条件或分类标准规定
主电路半导体器件与导体的连接处，电网进线、定子、转子以及母线铜排连接处	裸铜：45；有锡镀层：55；有银镀层：70
母线（非连接处）	铜：35；铝：25；铜铝复合：30

#### 4.3.10 并网切入电流

发电机并网切入电流应不超过定子额定电流峰值。

#### 4.3.11 通信要求

变流器应具有相应的通信接口，并能与机组主控制系统进行通信，通信协议可采用 CDT、Modbus、CANopen 或 PROFIBUS 等。

#### 4.3.12 功率因数

变流器电网侧和机组输出端应具有一定的功率因数调节能力，电网侧功率因数在  $\pm 0.95$  之间可调节。

#### 4.3.13 共模电压要求

变流器应设计滤波环节或滤波器，以匹配电机端共模电压的耐受水平。

#### 4.3.14 差模电压要求

变流器应设计滤波环节或滤波器，以匹配电机端差模电压的耐受水平。

#### 4.3.15 $du/dt$ 要求

变流器应设计滤波环节或滤波器，以匹配电机端对  $du/dt$  的耐受水平。

#### 4.3.16 效率

在额定运行条件下，变流器效率应不低于 97%。

#### 4.3.17 冗余性

变流器应具备冗余功能。宜采用冗余的部件有电源、变流器控制单元。

变流器应具备较强的容错运行能力，应采用冗余的方式减少单一故障对整个系统产生的影响。

#### 4.3.18 稳定性运行时间

变流器满载连续运行时间不小于 72h。

#### 4.3.19 电磁兼容性能

##### 4.3.19.1 静电放电抗扰度

变流器应能承受 GB/T 12668.3—2012 中第 5 章规定的严酷等级的静电放电抗扰度试验。

##### 4.3.19.2 电快速瞬变脉冲群抗扰度

变流器应能承受 GB/T 12668.3—2012 中第 5 章规定的严酷等级的电快速瞬变脉冲群抗扰度试验。

#### 4.3.20 总谐波畸变率（THD）

总谐波畸变率应符合 GB/T 20320—2013 中 7.4 关于谐波的规定。

#### 4.3.21 电网适应能力

电网适应能力应符合 GB/T 19963 的要求，超过此条件应与制造商协商。

#### 4.3.22 故障穿越能力

当发生低/高电压故障时，变流器在规定的电压幅值和持续时间内，应在机组主控制系统的配合下，保证机组不脱网运行，应符合 NB/T 31051、NB/T 31111 的要求。

#### 4.3.23 低温性能

变流器应具有耐低温性能，在试验环境工作温度为下限温度的情况下正常持续运行不少于 2h。

注：产品通电到启动运行时间一般不超过 2h。

#### 4.3.24 高温性能

变流器应具有耐高温性能，在试验环境工作温度为上限温度的情况下正常持续运行不少于 2h。

注：产品通电到启动运行时间一般不超过 2h。

#### 4.3.25 耐湿热性能

变流器应具有耐湿热性能。交变湿热试验后变流器应能正常启动运行，且绝缘电阻满足 4.3.5.1 的要求，介质强度满足 4.3.5.2 的要求。

#### 4.3.26 耐盐雾性能

变流器应具有耐盐雾性能。盐雾试验后变流器应能正常启动运行，且绝缘电阻满足 4.3.5.1 的要求，介质强度满足 4.3.5.2 的要求。

#### 4.3.27 耐霉性能

变流器应具有耐霉性能，经长霉试验后，其外露于空气中的绝缘零部件长霉面积不超过 GB/T 2423.16 中规定的 2b 等级。



### 4.3.28 防护等级

液冷变流器外壳防护等级应不低于 IP54。

空冷变流器外壳防护等级应不低于 IP20。

### 4.3.29 噪声

在额定运行条件下，变流器所发出的噪声声压级应不大于 80dB (A)。

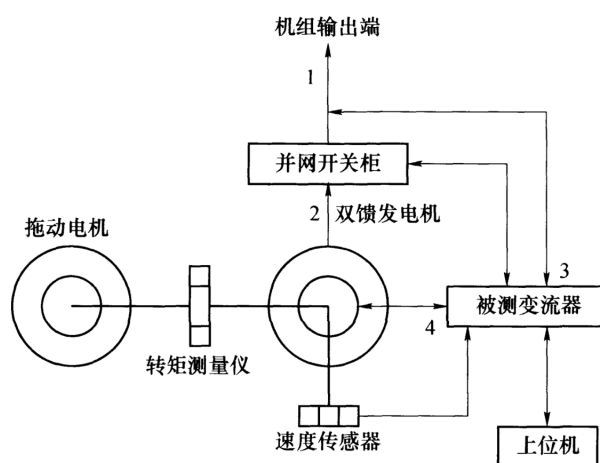
### 4.3.30 耐振动性能

变流器的耐振动性能应符合 GB/T 3783—2019 中 7.1.13.2 的要求，试验条件为 GB/T 3783—2019 中表 12 规定的“一般振动条件”。

## 5 试验方法

### 5.1 试验平台

变流器试验应在与实际工作等效的电气条件下进行，例如，可采用如图 1 所示的试验平台。试验系统可由并网开关柜、双馈发电机（应符合 GB/T 23479.1 的要求）、转矩测量仪、速度传感器、被测变流器、上位机以及能够改变转速的拖动电机及其控制系统等组成。在试验过程中，由拖动电机来模拟风力机械拖动双馈发电机变速运行，在上位机的辅助控制下完成被测变流器的一系列试验。



说明：

- 1——机组输出端；
- 2——发电机定子绕组；
- 3——变流器电网侧；
- 4——变流器电机侧。

图 1 变流器试验平台

### 5.2 试验仪器

试验中使用的测量仪器、仪表、传感器的准确度等级应不低于 0.5 级（绝缘电阻表除外），其中电流传感器的准确度等级应不低于 0.2 级，转速表的准确度等级应不低于 0.1 级，温度计的最大允许误差应不大于  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，测量仪器仪表应符合相关标准的规定。

## 5.3 检查和试验

### 5.3.1 结构外观检查

检查柜体结构外观，应符合 4.3.1 的要求。

### 5.3.2 电气元器件检查

检查变流器所采用的元器件，应符合 4.3.2 的要求。

### 5.3.3 耐热性试验

耐热性试验按照 GB/T 5169.21 中的球压试验方法进行。其中，支撑载流零件（如绝缘子、母线夹、母线支架等）的部件试验温度选为 125℃，其他部件试验温度选为 75℃。试验结果应符合 4.3.2 中 b) 的要求。

### 5.3.4 耐燃性试验

#### 5.3.4.1 灼热丝试验

灼热丝试验按照 GB/T 5169.11 中的试验方法进行。其中，支撑载流零件（如绝缘子、母线夹、母线支架等）的部件试验温度选为 960℃，其他部件试验温度选为 650℃。试验结果应符合 4.3.2 中 c) 的要求。

注：当试验部件无法满足上述灼热丝试验的试样尺寸要求时，则用 GB/T 5169.5 中的针焰试验代替，试验时间选为 30s。

#### 5.3.4.2 滞燃试验

滞燃试验按照如下步骤进行，试验结果应符合 4.3.2 中 c) 的要求。

- a) 煤气喷灯（普通的本生灯）的火焰在静止空气及垂直位置时，火焰高度调节成约为 125mm，火焰的蓝色部分长度约为 35mm。
- b) 试验样品固定在细金属丝上，使其纵轴与水平面倾斜约 45° 角，而其横轴保持水平。
- c) 试验样品由至少长为 120mm、宽为 10mm、厚为 3mm 的棒材或带材制成。试验也可以采用其他尺寸的试验样品，长度可以超过 120mm。在使用其垂直截面为矩形、截面尺寸稍大于 10mm×3mm 规格的管材或型材的情况下，可用长度为 120mm 的样品进行试验。
- d) 试验应在避风情况下进行。本生灯轴应垂直放置，使火焰蓝色部分的尖端刚好触及试验样品的下端。试验样品应施加火焰 5 次，每次 15s，每两次之间间隔 15s。在最后一次施加火焰之后，应允许试验样品燃烧至自行熄灭。

### 5.3.5 电气连接检查

使用万用表或校线器对各个电路的连接情况进行检查，检查是否存在不正确的连接，以及信号能够正确送达等静态特性是否能满足要求等，应符合 4.3.3 的要求。

### 5.3.6 防触电措施检查

检查变流器是否具有防触电措施，应符合 4.3.4 中 a)、c)、d) 的要求。使用电阻测量仪测量系统可能触及的金属部分与外壳接地点的电阻，应符合 4.3.4 中 b) 的要求。

### 5.3.7 绝缘性能试验

#### 5.3.7.1 一般要求

试验应在 4.2.2 规定的正常试验大气条件下进行。

#### 5.3.7.2 绝缘电阻

试验方法按 GB/T 3859.1—2013 中 7.2.1.1 的规定进行，在主电路与地（外壳）之间试验时，根据变频器的额定电压，按表 4 选取绝缘电阻表的电压等级，测得的绝缘电阻符合 4.3.5.1 的要求。

表 4 绝缘电阻试验电压等级

额定绝缘电压等级 $U$ V	试验电压 V
$U \leq 60$	250
$60 < U \leq 250$	500
$250 < U \leq 1000$	1000
$1000 < U \leq 10\,000$	2500

#### 5.3.7.3 介质强度

试验方法按 GB/T 3859.1—2013 中 7.2.2.3 的规定进行，在主电路与地（外壳）之间试验，所用耐压测试仪的试验电压等级按照表 5 中要求选取，试验电压为 50Hz 正弦波，持续时间 1min，无击穿闪络及元件损坏现象。

试验过程中，任一被试电路施加电压时，其余电路等电位互联接地。

注：当因电磁滤波元件的存在而无法施加交流试验电压时，也可以采用等效的直流试验电压，其值按表 5 试验电压的  $\sqrt{2}$  倍选取。

表 5 工频耐压试验电压等级

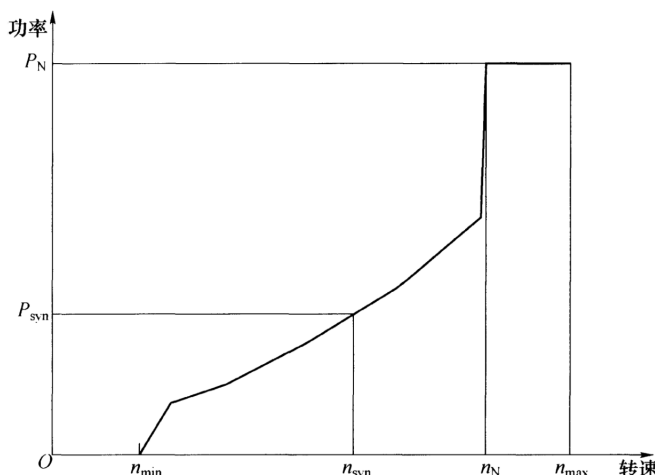
额定电压 $U$ kV	试验电压 kV
$U \leq 0.06$	0.5
$0.06 < U \leq 0.125$	1
$0.125 < U \leq 0.25$	1.5
$0.25 < U \leq 0.5$	2
$0.5 < U \leq 1.1$	$1+2U$
$1.1 < U \leq 3.6$	$3U$
$3.6 < U \leq 38$	$4+1.8U$

#### 5.3.7.4 电气间隙与爬电距离

测量主电路的各个导电部件之间及主电路与地（外壳）之间的电气间隙和爬电距离（IGBT 器件除外），应符合 4.3.5.3 的要求。

### 5.3.8 负载控制功能试验

试验是为了检验变流器在发电机不同转速下的负载控制能力。通常情况下，双馈风力发电机的转速与机组输出功率曲线如图 2 所示。



说明：

$n_{\min}$ ——允许发电机定子并网运行的最低转速；

$n_{\max}$ ——允许发电机并网运行的最高转速；

$n_{\text{syn}}$ ——发电机的同步转速；

$n_N$ ——发电机的额定转速；

$P_N$ ——机组输出的额定功率；

$P_{\text{syn}}$ ——发电机同步转速时机组输出的功率。

图 2 双馈风力发电机转速-功率曲线

试验时，调节拖动电机的转速，使发电机在最低并网转速  $n_{\min}$  与最高转速  $n_{\max}$  之间变化。在上述允许转速范围内以及电网额定条件下，变流器应能对发电机进行并网、脱网和输出电能的控制。机组主控制器（可由上位机代替）依据功率曲线向变流器下达指令（通常为转矩或功率），从而控制发电机输出相应的电能。记录风力发电机组输出端的功率，应能达到功率曲线所对应的功率。试验应至少包括最低并网转速  $n_{\min}$ 、同步转速  $n_{\text{syn}}$  附近、额定转速  $n_N$  的试验，且至少进行 1 次加、减速过程。

注：功率曲线的具体数值、转矩和功率的控制精度以及超过额定转速的试验，由制造商与用户协商确定。

### 5.3.9 过载能力试验

本试验是指过电流能力的试验，试验方法参考 GB/T 13422—2013 中 5.1.13 的规定。试验分别在电机侧和电网侧进行。对电网侧施加 110% 的标称电流，历时 1min，试验循环次数为 3 次，每次时间间隔不大于 10min。对于电机侧，应根据风电机组的过载能力选取合适的标称电流值与持续时间，进行与电网侧同样的测试，变流器应无损坏并能正常工作。

### 5.3.10 保护功能检查

#### 5.3.10.1 过电流保护

包括电机侧和电网侧的试验，可以通过施加大电流脉冲或采用降低过电流保护限值的方法来验证，但应保证电流传感器等电路在预期的过电流保护范围内的有效性。

注：过电流保护设定值由制造商确定，但其值应大于变流器最大过载电流。

#### 5.3.10.2 缺相保护

包括电机侧和电网侧的试验，可在变流器未启动状态下进行，可以采用将变流器交流端或缺相检测电路逐相断开的方法来验证功能的有效性。

#### 5.3.10.3 相序错误保护

包括电机侧和电网侧的试验，可在变流器未启动状态下进行，可以将变流器交流端或相序检测电路任意两相对调的方法来验证功能的有效性。当变流器具有相序修改功能时，也可以通过修改相序设置来验证。

#### 5.3.10.4 电网电压不平衡保护

试验可在变流器未启动状态下进行，可以将电网侧交流端或其电压检测电路设置成不平衡电压的方法来验证功能的有效性，设置值应符合 4.2.4.3 的要求。

#### 5.3.10.5 接地故障保护

试验在变流器正常运行条件下进行，可以将变流器的交流端任意一相对地短接或针对接地检测电路设置接地模拟信号的方法来验证功能的有效性。当变流器发生接地故障时，应能可靠保护，以防止接地漏电流超过允许值。

#### 5.3.10.6 冷却系统故障保护

试验时，可以通过设置冷却系统与变流器的工作状态开关信号（或通信数据）来模拟冷却系统故障进行检验。

#### 5.3.10.7 过温保护

试验时，可以通过模拟过温信号（即将温度检测元件加热至预期的保护动作点），检验变流器的过温保护功能。

注：过温保护设定值由制造商确定，当用户需修改时应征求制造商的意见。

#### 5.3.10.8 发电机过/欠速保护

试验时，按图 1 所示的试验系统，设置拖动电机转速从低到高变化，检验变流器的过/欠速保护功能的有效性。

注：过/欠速保护设定值由制造商确定，当用户需修改时应征求制造商的意见。

#### 5.3.10.9 过/欠电压保护

在对变流器的电网侧进行过/欠电压试验，电机侧交流端、直流环节进行过压试验时，可施加一个变化的电压来验证功能的有效性，也可以针对过/欠电检测电路施加模拟信号或采用修改过/欠电压保护限值的方法来验证，但应保证电压传感器等电路在预期的过/欠电压保护范围内的有效性。当进行欠电压试验时，宜屏蔽变流器的低电压穿越功能。

#### 5.3.10.10 通信故障告警

试验在变流器未启动状态下进行，对于变流器与机组主控制系统之间的通信，可以采用模拟的方法产生通信故障，检验变流器应能可靠告警。

#### 5.3.10.11 过/欠频保护

试验在电网侧实施，可以通过施加频率可变电压模拟信号或修改过/欠频保护限值的方法来验证，但应保证检测电路在预期的过/欠频保护范围内的有效性。

#### 5.3.10.12 电网断电保护

试验在变流器正常运行条件下进行，试验时，将变流器电网侧与电网断开（断开点要求在变流器外部），要求变流器安全停止运行。

#### 5.3.10.13 电网电流不平衡度保护

试验时，分别在电流检测回路实施。通过施加不平衡的模拟信号或修改不平衡保护限值的方法来验证，但应保证检测电路在预期的不平衡保护范围内的有效性。

#### 5.3.10.14 功率器件硬件保护

变流器功率器件因控制电源、母线过电压及电源监视等原因引起故障，硬件保护电路动作，实现快速保护。

#### 5.3.10.15 浪涌过电压保护

检查变流器是否具有浪涌过电压保护装置，其性能应满足 GB 18802.1 的要求，且这些装置在可用状态。

#### 5.3.10.16 防雷保护

检查变流器是否采取相关防雷保护措施，并采用 4.3.8p) 中的规定值进行试验。

- a) 对于采用外部加载 SPD 的变流器，对加载 SPD 装置的变流器施加  $I_n$ ，每次间隔时间应足以使试品冷却到环境温度，试前、试中及试后变流器均应能正常工作，且试后 SPD 性能降低不至影响保护功能的正常发挥。

试验参数：逐相施加 4 次试验电流  $I=I_n=20\text{kA}$ （波形 8/20 $\mu\text{s}$ ），正负极性各 2 次。

试验允差：冲击电流波形要求波前时间 $\pm 10\%$ ，半峰值时间 $\pm 10\%$ 。试验过程中，允许冲击波上有小过冲或振荡，但其幅值应不大于峰值的 5%。在电流下降到零后的任何极性反向的电流值应不大于峰值的 20%。对于二端口器件，反向电流的幅值应小于 5%，使它不至于影响限制电压，流过 SPD 电流的测量精度应为 $\pm 3\%$ 。

- b) 对于自身可以承受放电电流的变流器，则直接施加试验电流  $I=I_n=20\text{kA}$ （波形 8/20 $\mu\text{s}$ ），每次间隔时间应足以使试品冷却到环境温度，试前、试中及试后变流器均应能正常工作。

#### 5.3.11 温升试验

试验可按照 GB/T 3859.1—2013 中 7.4.2 的规定进行，测温元件可以使用温度计、热电偶、热敏元件、红外测温计或其他有效的方法。在额定运行条件下，各元件热稳定后，按表 2 测量温升，其温升在器件各自规定的范围之内。

#### 5.3.12 并网切入电流试验

试验可结合 5.3.8 进行，控制拖动电机至允许的并网转速下，启动电机侧变流器，记录并网过程中发电机定子绕组的电流波形和最大值，该值应符合 4.3.10 的要求。

### 5.3.13 通信功能试验

试验可在空载下进行,按 4.3.11 要求,变流器能与主控制系统进行通信,验证其长期通信的可靠性。

### 5.3.14 功率因数试验

试验可结合 5.3.8,并参考 GB/T 13422—2013 中 5.3.11 的规定,按图 2 所示,在额定条件下进行。分别测定变流器电网侧和机组输出端的功率因数,并确定具有功率因数的调整功能即可,功率因数的调整能力(或调整范围)应符合 4.3.12 的要求。

试验时,需调整功率因数或无功功率设定值,测得相应的有功功率和视在功率,依式(1)计算出功率因数,或通过专门的功率因数表直接读取。

注:当电网侧功率因数和机组功率因数的调整能力不能满足要求时,可由制造商与用户协商确定,但用户必须服从制造商的意见。

### 5.3.15 共模电压测试

检查变流器电机侧相线与地之间的共模电压应符合 4.3.13 的要求。测试方法可参见图 3。图 3 中 a、b、c 分别为共模电压测试点,共模电压值取  $(U_a + U_b + U_c) / 3$ 。

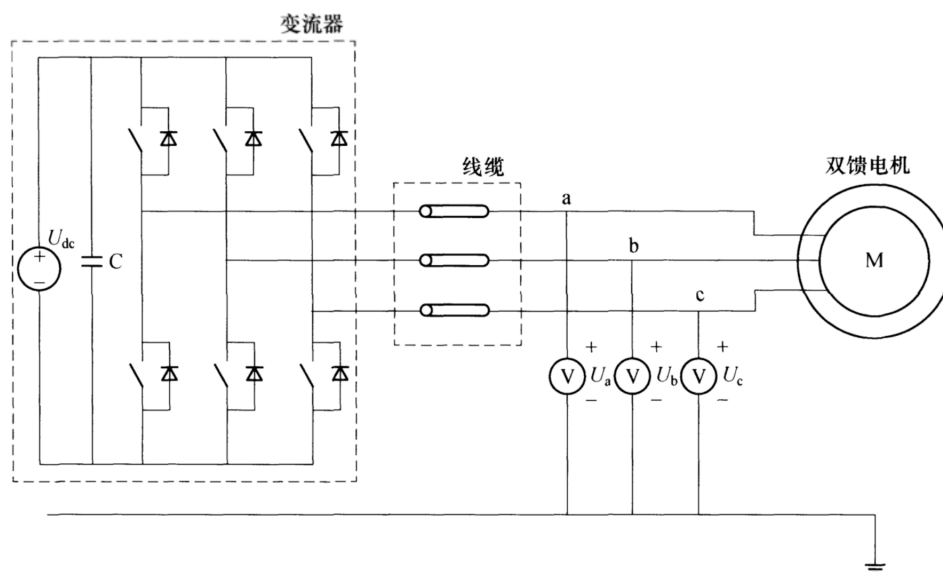


图 3 共模电压测试原理

### 5.3.16 差模电压测试

检查变流器电机侧相线之间的差模电压应符合 4.3.14 的要求。测试方法可参见图 4。图 4 中 a、b、c 分别为差模电压测试点,差模电压值取三者差值中的最大者。

### 5.3.17 $du/dt$ 测试

并网运行中,测试发电机端口转子电缆电压  $du/dt$ ,应符合 4.3.15 的要求。测试方法可参见图 5,取差模电压测试波形展开, $du/dt$  定义为电压随时间变化的导数:

$$du/dt = \Delta U_i / \Delta t_i = (U_{90\%} - U_{10\%}) / (t_{90\%} - t_{10\%})$$

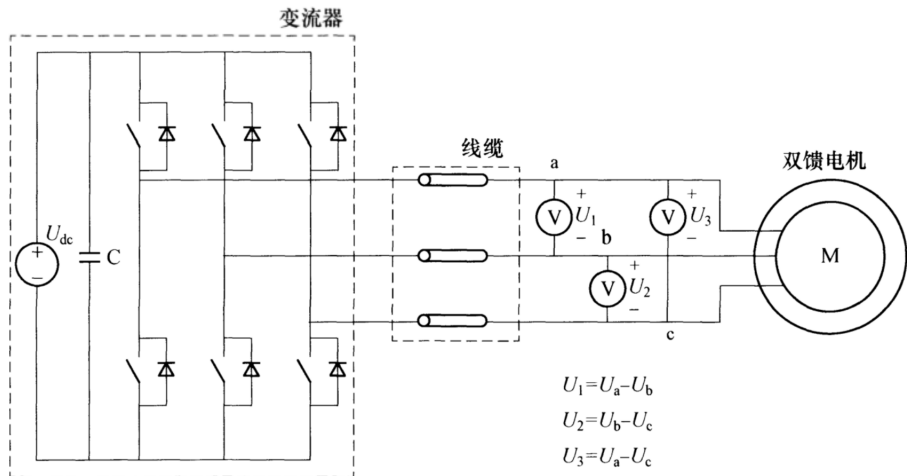
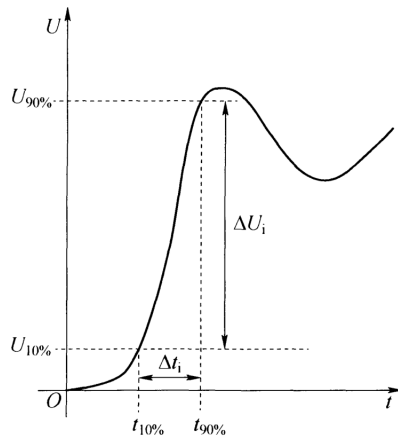


图 4 差模电压测试原理



说明:

$U_{10\%}$  —— 10%电压值;

$U_{90\%}$  —— 90%电压值;

$t_{10\%}$  —— 10%电压值对应的时间值;

$t_{90\%}$  —— 90%电压值对应的时间值;

$\Delta U_i$  —— 电压变化值;

$\Delta t_i$  —— 时间变化值。

图 5  $du/dt$  测试原理

### 5.3.18 效率试验

试验可结合 5.3.8, 并参考 GB/T 13422—2013 中 5.1.10 的规定, 在额定条件下进行, 测得变流器的效率应符合 4.3.16 的要求。

注: 在机组额定运行条件下, 双馈发电机定子和转子绕组通常均输出电能, 则变流器电机侧交流端为输入, 变流器电网侧交流端为输出。其他运行情况下的测定, 用户与制造商协商进行。

### 5.3.19 冗余试验

根据变流器产品使用维护说明书模拟能够容错运行的各类故障源, 检查其容错功能是否完善。采用人为干扰的方式对变流器的冗余设计进行检验, 其冗余控制功能应能符合 4.3.17 的要求。



### 5.3.20 稳定性运行试验

变流器满载连续运行时间应符合 4.3.18 的要求。

### 5.3.21 电磁兼容性能试验

#### 5.3.21.1 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验

按照 GB/T 12668.3—2012 中 5.3.2 的规定, 针对控制电路供电电源端口, 在保护接地的情况下, 采用 2kV 脉冲电压, 重复频率 5kHz 进行试验; 针对 I/O (输入/输出) 信号、数据和控制端口, 采用 1kV 脉冲电压, 重复频率 5kHz 进行试验。测试时, 装置内元器件不应损坏, 试验期间及试验后装置的性能符合 GB/T 12668.3—2012 中 5.1.1 的验收准则 B 的要求。

#### 5.3.21.2 静电放电抗扰度试验

按照 GB/T 12668.3—2012 中 5.3.2 的规定, 在人体能够靠近或触摸到的机壳端口 (如端口、按钮、触摸屏等), 采用 6kV 接触放电, 若不存在接触放电可能时, 采用 8kV 空气放电。测试时装置内元器件不应损坏, 试验期间及试验后装置的性能符合 GB/T 12668.3—2012 中 5.1.1 的验收准则 B 的要求。

### 5.3.22 总谐波畸变率 (THD) 试验

试验可结合 5.3.8, 并参考 GB/T 13422—2013 中 5.3.8 的规定, 并按照图 2 所示, 在各个典型转速点及相应功率下分别测定变流器电网侧和机组输出端的电流畸变系数, 应符合 4.3.20 的要求。

注: 机组对电网的电流谐波畸变主要由发电机、变流器和并网变压器共同决定。因此, 当上述测定位置测得结果不能满足要求时, 应着重检查双馈风力发电机的性能, 或者考虑在并网变压器的电网侧测定。

### 5.3.23 电网适应能力试验

按照 NB/T 31054 的有关要求, 在机组主控制系统的配合下, 由制造商与用户共同配合。

### 5.3.24 故障穿越能力试验

按照 NB/T 31051、NB/T 31111 的有关要求, 在机组主控制系统的配合下, 由制造商与用户共同进行。

### 5.3.25 低温试验

试验方法按 GB/T 2423.1 中试验 A 进行。产品无包装, 在试验温度在  $-10^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  (常温型) 或者  $-20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$  (低温型) 情况下稳定后, 产品通电启动运行, 持续运行时间为 2h。试验结束后再恢复至常温 2h 后, 变流器仍能正常工作。

### 5.3.26 高温试验

试验方法按 GB/T 2423.2 中试验 B 进行。产品无包装, 在试验温度在  $45^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  情况下稳定后, 产品通电启动运行, 持续运行时间为 2h。试验结束后再恢复至常温 2h 后, 变流器仍能正常工作。

### 5.3.27 交变湿热试验

装置应能承受 GB/T 2423.4 规定的交变湿热试验。试验温度为低温  $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 、高温  $45^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度为  $(93 \pm 3)\%$ , 试验持续时间为两周期 (48h)。在试验结束前 2h 内, 测量其绝缘电阻与介质强度应符合 4.3.25 的要求。

### 5.3.28 盐雾试验

试验按照 GB/T 2423.18 中的严酷等级 1 进行, 包括 4 个喷雾周期, 每个周期 2h, 每个喷雾周期后有一个为期 7 天的湿热贮存周期。试验样品为实际工况中的整机, 试验样品不包装、不通电。试验结束后, 按相关规范要求立即进行功能、外观和性能检查, 试验结果应符合 4.3.26 的要求。

### 5.3.29 长霉试验

试验方法按照 GB/T 2423.16 中的试验方法 1 进行, 培养周期为 56 天。试验样品为实际工况中的零部件, 试验样品不包装、不通电。试验结束后, 按相关规范要求立即进行功能、外观和性能检查, 试验结果应符合 4.3.27 的要求。

### 5.3.30 防护等级试验

按照 GB/T 4208 规定的试验方法进行试验, 防护等级应符合 4.3.28 的要求。

### 5.3.31 噪声试验

在额定运行条件, 周围环境噪声不大于 60dB 的条件下, 距噪音源水平位置 1m 处, 测得变流器所产生的噪声应满足 4.3.29 的规定。

### 5.3.32 振动试验

振动试验应按照 GB/T 7094 规定的方法和要求进行, 试验结果应符合 4.3.30 的要求。

### 5.3.33 贮存试验

装置不包装, 不施加激励量, 先按 GB/T 2423.1 的规定, 进行-40℃、16h 的低温贮存试验。在室温下恢复到正常状态后, 再按 GB/T 2423.2 的规定, 进行+70℃、16h 的高温贮存试验。在室温下恢复到正常状态后, 依据 5.1 的试验平台, 装置的性能应符合 5.3.8 的规定。

注: 不间断电源 (UPS)、电池等部件可不进行低温贮存试验。

## 6 检验规则

### 6.1 检验类型

#### 6.1.1 型式试验

##### 6.1.1.1 试验条件

当有下列情况之一时, 应进行型式试验:

- 新产品鉴定时;
- 正式生产后, 结构、材料、工艺有较大改变, 足以影响产品性能时;
- 批量生产的产品, 每隔一定时间进行一次抽试, 具体期限由分类标准规定, 但不得超过 5 年时;
- 产品长期停产后恢复生产时;
- 国家质量监督机构提出进行型式试验的要求时。

##### 6.1.1.2 抽样方法

进行型式试验的样品, 应在经过出厂试验合格后的一批中抽样, 抽样数量不应少于两台。

6.1.1.3 判定规则

型式试验应符合产品的技术规定，全部合格则判定为合格；任有一项不合格，则判定该产品不合格。产品经型式试验不合格，则该产品应停产，直至查明并消除造成不合格的原因，再次进行型式试验合格后方能恢复生产。

6.1.2 出厂试验

每台产品都应进行出厂试验。一台中有一项性能不符合要求，即为不合格，允许返修后复试，复试一次仍不合格，则为试验不合格。试验合格后，填写试验记录并且出具合格证方能出厂。

6.2 试验实施

6.2.1 一般要求

- a) 当用户或其代理人希望观看工厂试验时，在订单中应予说明；
- b) 订货前若商定，供货者应提供型式试验和出厂试验合格证书；
- c) 除非另有协议，试验应在发货前在制造厂进行。

6.2.2 接地要求

制造商应说明变流器可采用的接地系统，应进行型式试验来验证变流器的整体性能是否符合可采用的接地系统。其中可能包括：

- a) 中线直接对地；
- b) 相线对地；
- c) 中线经高阻抗对地；
- d) 绝缘（不接地）。

注：未通过验收的系统应标出“禁止使用”，或者改善性能后，应通过型式试验来确定其是否合格。

6.3 试验项目

变流器试验项目见表 6。

表 6 变 流 器 试 验 项 目

试验名称	型式试验	出厂试验	技术要求条款	试验方法
结构及外观	√	√	4.3.1	5.3.1
电子元器件	√	√	4.3.2	5.3.2
耐热性	√	—	4.3.2	5.3.3
耐燃性	√	—	4.3.2	5.3.4
电气连接	√	√	4.3.3	5.3.5
防触电措施	√	√	4.3.4	5.3.6
绝缘性能	√	√	4.3.5	5.3.7
负载控制功能	√	—	4.3.6	5.3.8
过载能力	√	—	4.3.7	5.3.9
保护功能	√	—	4.3.8	5.3.10

表 6（续）

试验名称	型式试验	出厂试验	技术要求条款	试验方法
温升	√	—	4.3.9	5.3.11
并网切入电流	√	—	4.3.10	5.3.12
通信要求	√	√	4.3.11	5.3.13
功率因数	√	—	4.3.12	5.3.14
共模电压	√	—	4.3.13	5.3.15
差模电压	√	—	4.3.14	5.3.16
$du/dt$	√	—	4.3.15	5.3.17
效率	√	—	4.3.16	5.3.18
冗余性	√	—	4.3.17	5.3.19
稳定性运行	√	—	4.3.18	5.3.20
电磁兼容性能	√	—	4.3.19	5.3.21
总谐波畸变率（THD）	√	—	4.3.20	5.3.22
电网适应能力	√	—	4.3.21	5.3.23
故障穿越能力	√	—	4.3.22	5.3.24
低温	√	—	4.3.23	5.3.25
高温	√	—	4.3.24	5.3.26
交变湿热（耐湿热）	√	—	4.3.25	5.3.27
盐雾	√	—	4.3.26	5.3.28
长霉	√	—	4.3.27	5.3.29
防护等级	√	—	4.3.28	5.3.30
噪声	√	—	4.3.29	5.3.31
振动	√	—	4.3.30	5.3.32
贮存	√	—	—	5.3.33
注：“√”为必选项，“—”为免选项。				

## 7 标志、包装、贮存和运输

### 7.1 标志

#### 7.1.1 产品标志

变流器的适当位置应有铭牌，内容如下：

- a) 产品名称。
- b) 产品型号。
- c) 技术参数：
  - 机组额定容量（MW）；
  - 变流器效率（%）；

- 电网侧额定电压 (V);
- 电网侧额定电流/标称电流 (A);
- 电网侧额定频率 (Hz);
- 电机侧电压范围 (V);
- 电机侧额定电流/标称电流 (A);
- 电机侧频率范围 (Hz);
- 过载能力;
- 防护等级。

- d) 出厂编号。
- e) 制造日期。
- f) 制造厂名。
- g) 执行标准。

注：受铭牌尺寸限制，其他项目可在使用说明书中给出。

### 7.1.2 包装标志

变流器的外包装上有收发标志、包装储运标志和安全警告标志，按 GB/T 191 的有关规定执行。

## 7.2 包装

### 7.2.1 随同产品供应的技术文件

- a) 装箱清单;
- b) 产品使用维护说明书;
- c) 安装说明书;
- d) 产品质量合格证;
- e) 电气接线图;
- f) 电气原理图;
- g) 出厂检验报告。

### 7.2.2 产品包装

变流器的包装应按 GB/T 13384 的要求。根据产品的类型、结构、尺寸、运输方式等诸多因素，采用合理的包装材料及方式，产品包装应符合科学、经济、牢固、美观和适销的要求，在各种储运、装卸条件下，不应因包装不善而造成损坏、变质、精度降低及丢失等现象，并能防止磕、碰、伤、脏、锈、漏、松等“七害”的发生。

为了防止产品零部件在海上特殊环境条件下发生腐蚀与破坏，必须做好产品的防护包装工作，防护包装需要采取防水、防潮、防锈、防霉、防震、局部防护等多种防护措施的组合。

- 防水包装：可根据零部件防水包装的等级，按 GB/T 7350—1999 附录 A 选用相应的防水包装方法。防水的产品包装箱应内衬塑料薄膜、抗老化的塑料复合膜等防水材料，内衬的防水材料应平整、紧贴箱内侧，防水材料尽可能使用整块材料，需拼接时可采用焊合、粘接。包装箱开设的通风孔要采取防雨措施，以防止雨水浸入。重要零部件的包装箱箱顶可起脊，防水包装应符合 GB/T 7350—1999 规定。
- 防潮包装：需要防潮包装的零部件，采用塑料薄膜、铝塑复合膜制作的袋、罩、套防护包装，并在其内放置干燥剂，干燥剂应选用含水率小于 4% 的硅胶装入透气性良好的小布袋并牢固地悬挂或妥善地放置在密封包装内，不得直接与金属加工表面接触，密封包装的接头接口采用热

合封口。包装箱两端应开通风窗，防潮包装应符合 GB/T 5048 的规定。

- 防锈包装：根据零部件防锈包装等级，按相应的防锈标准和工艺进行防锈和内包装，保证产品在防锈期限内不产生锈蚀。防锈包装应符合 GB/T 4879 的规定。可以采用气相缓蚀剂、干燥剂等进行间接防锈，用防锈油、防锈脂、防锈剂、气相防锈纸、气相防锈膜、气相防锈油等进行直接防锈。对于电控柜、接线盒、断路盘和其他诸如电表、终端转换器、开关、继电器等同类电子设备里面，应放置一定数量气相防锈剂。设备运行前，应按该设备使用的防护类型和防护要求确定是否清除气相防锈剂，并应在相关说明书上作简要说明。
- 防霉包装：货物进行防霉包装前，对易长霉的零部件和材料必须进行防霉处理，例如：在密封容器（罩）内放置挥发性防霉剂，对包装精密产品的不耐霉的包装材料进行防霉处理，在包装箱表面涂刷防霉溶液，开设通风孔等。防霉包装应符合 GB/T 4768 的规定。
- 防震包装：防震包装应根据货物的特点采用不同的防震形式。在有内包装箱的复箱式包装中（如精密仪器仪表内箱与外箱），除在内包装箱中采取防震措施外，在内、外包装箱之间，要根据货物的不同特点，衬以瓦楞纸、泡沫塑料等防震材料或用金属弹簧悬吊，不允许货物在包装箱内产生窜动。防震材料必须具有质地柔软、富有弹性、不易虫蛀、不易长霉、不易疲劳变形、无腐蚀性等特点。常用防震材料有：瓦楞纸、泡沫塑料、海绵、橡胶、塑料气垫和金属弹簧等。防震包装应符合 GB/T 8166 的规定。
- 防磕碰、防磨：对产品零部件精加工表面、配合表面包装时，应注意采取防护措施，例如采取支撑、隔垫或悬挂等方式。注意防护板材不允许和涂防锈油的表面直接接触。部件之间用木板或纤维板隔开，避免相互间直接接触。所用的垫板、隔板必须清洁干燥，尽可能减少对部件的腐蚀和污染，必须保证吸潮性材料不直接接触产品。产品装箱时，须采用绑绳、垫板或其他缓冲材料固定，以避免部件与包装箱本体及工件间相互冲击和碰撞。如果使用气相防锈纸进行包裹，则垫板应放在气相防锈纸之外。

## 7.3 贮存

### 7.3.1 气候条件

一般贮存条件：

- a) 环境温度：-25℃~+55℃；
- b) 相对湿度：≤85%。

模块和控制面板应防止凝露。如果某些部件不立即安装，应将其贮存在一个清洁、干燥的地方，并且避免高湿度及尘埃。如果可能，应避免温度和湿度的突然变化，如果贮存房间的温度变化程度达到使设备的表面出现凝露或结冰的情况，应通过一个安全、可靠的加热系统来保护设备，以使设备温度保持在稍高于贮存房间的温度。如果设备暴露在低温下的时间较长，那么在温度达到房间温度之前，不应打开包装箱，否则将出现凝露。某些内部部件上出现水分可能导致电气故障。

### 7.3.2 特定的存放危险

特定贮存条件：

- a) 水：应避免雨、雪等；
- b) 海拔：不应存放在高于海平面 3000m 以上的场所；
- c) 腐蚀性物质：应防止盐雾、危险性气体、腐蚀性液体等的侵蚀；
- d) 时间：上述条件适用于发货和存放总时间不超过 6 个月的情况，若存放时间较长，则应作专门的考虑；
- e) 啮齿动物和霉菌：当存放的设备可能受到啮齿动物损坏或霉菌侵蚀时，在设备的技术条件中应

包括保护措施。对于啮齿动物应对设备外部材料及冷却孔和连接孔的尺寸加以规定，以防止啮齿动物侵入；对于霉菌应规定出材料的耐霉度，以满足存放和工作的环境要求。

## 7.4 运输

### 7.4.1 一般要求

气候条件、机械条件以及异常气候条件下的运输应符合 GB/T 12668.2—2002 中 4.3 的规定。

### 7.4.2 气候条件

- a) 环境温度： $-40^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 相对湿度：在各温度点以不发生凝露作为相对湿度控制要求。

注：温度限制指设备周围（如集装箱内）的环境温度。

### 7.4.3 异常气候条件

在预计运输温度低于 $-25^{\circ}\text{C}$ 的场合，应采用加热运输方式或将选用的对低温敏感的器件卸下来。

### 7.4.4 运输条件

产品应当能在 4.2.3 规定的环境条件下进行运输。产品在运输中，应有防雨防潮措施。产品（无冷却液）在运输过程中，不应有剧烈震动、撞击和倒置，同时产品不适宜与易燃易爆、腐蚀性、潮湿的物体混运。

参 考 文 献

[1] GB/T 5169.5 电工电子产品着火危险试验 第 5 部分：试验火焰 针焰试验方法 装置、确认试验方法和导则

---



中 华 人 民 共 和 国  
能 源 行 业 标 准  
海上双馈风力发电机变流器技术规范

NB/T 31041—2019  
代替 NB/T 31041—2012

\*

中国电力出版社出版、发行  
(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)  
北京天泽润科贸有限公司印刷

\*

2019年12月第一版 2019年12月北京第一次印刷  
880毫米×1230毫米 16开本 1.75印张 56千字  
印数 001—500册

\*

统一书号 155198·1805 定价 27.00元

版 权 专 有 侵 权 必 究  
本书如有印装质量问题，我社营销中心负责退换



中国电力出版社官方微信



电力标准信息微信

为您提供最及时、最准确、最权威的电力标准信息



155198.1805