

ICS 27.180  
CCS F 11



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 19960-202×

代替 GB/T 19960.1-2005, GB/T 19960.2-2005

---

## 风力发电机组 通用技术条件及试验方法

Wind turbines — General technical specification and test method

(征求意见稿)

202× - ×× - ××发布

202× - ×× - ××实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会

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 .....	3
4 机组通用技术要求 .....	4
5 机组部件及系统技术要求 .....	6
6 试验方法 .....	12
7 检验规则 .....	15
8 标志、标签、使用说明书 .....	15
9 包装、运输、贮存 .....	16
10 其他 .....	16
附录 A（资料性） .....	17

## 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。

本文件代替 GB/T 19960.1—2005《风力发电机组 第1部分：通用技术条件》和 GB/T 19960.2—2005《风力发电机组 第2部分：通用试验方法》。本文件以 GB/T 19960.1—2005 为主，整合了 GB/T 19960.2—2005 的内容，与 GB/T 19960.1—2005、GB/T 19960.2—2005 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

——将适用范围更改为“风轮扫掠面积大于或等于 200 m<sup>2</sup> 的水平轴并网型风力发电机组”（见第1章，GB/T 19960.1—2005 版的第1章、GB/T 19960.2—2005 版的第1章）；

——更改了规范性引用文件（见第2章，GB/T 19960.1—2005 版的第2章、GB/T 19960.2—2005 版的第2章）；

——更改了术语和定义（见第3章，GB/T 19960.1—2005 版的第3章）；

——更改了机组通用技术要求（见第4章，GB/T 19960.1—2005 版的第4章）；

——更改了机组部件及系统技术要求（见第5章，GB/T 19960.1—2005 版的第5章）；

——更改了试验方法，细化了试验条件，修改了试验内容和方法（见第6章，GB/T 19960.2—2005 版的第3章、第4章、第5章）；

——更改了检验规则（见第7章，GB/T 19960.1—2005 版的第7章）；

——更改了标志、标签、使用说明书（见第8章，GB/T 19960.1—2005 版的第8章）；

——更改了包装、运输、贮存（见第9章，GB/T 19960.1—2005 版的第9章）；

——删除了产品质量保证期（GB/T 19960.1—2005 版的第10章）；

——增加了其他（见第10章）；

——更改了附录 A（见附录 A，GB/T 19960.2—2005 版的附录 A）。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国风力发电标准化技术委员会（SAC/TC 50）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2005 年首次发布为 GB/T 19960.1—2005，GB/T 19960.2—2005。

——本次为第一次修订。

# 风力发电机组 通用技术条件及试验方法

## 1 范围

本文件规定了风力发电机组的通用技术要求，部件及系统技术要求，试验方法，检验规则，标志、标签、使用说明书，包装、运输、贮存等。

本文件适用于风轮扫掠面积等于或大于 200 m<sup>2</sup> 水平轴并网型风力发电机组（以下简称机组）。

## 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 311.1 绝缘配合 第 1 部分：定义、原则和规则
- GB/T 997 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 1094.16 电力变压器 第 16 部分：风力发电用变压器
- GB/T 2900.53 电工术语 风力发电机组
- GB/T 3906 3.6 kV~40.5 kV 交流金属封闭开关设备和控制设备
- GB/T 4942 旋转电机整体结构的防护等级（IP 代码） 分级
- GB/T 5226.1 机械电气安全 机械电气设备 第 1 部分：通用技术条件
- GB 5226.3 机械安全 机械电气设备 第 11 部分：电压高于 1000V a.c.或 1500V d.c.但不超过 36kV 的高压设备的技术条件
- GB/T 6404.1 齿轮装置的验收规范 第 1 部分：空气传播噪声的试验规范
- GB/T 6404.2 齿轮装置的验收规范 第 2 部分：验收试验中齿轮装置机械振动的测定
- GB/T 9969 工业产品使用说明书 总则
- GB/T 11022 高压交流开关设备和控制设备标准的共用技术要求
- GB/T 12706.1 额定电压 1 kV(U<sub>m</sub>=1.2 kV)到 35 kV(U<sub>m</sub>=40.5 kV)挤包绝缘电力电缆及附件 第 1 部分：额定电压 1 kV(U<sub>m</sub>=1.2 kV)和 3 kV(U<sub>m</sub>=3.6 kV)电缆
- GB/T 12706.2 额定电压 1 kV(U<sub>m</sub>=1.2 kV)到 35 kV(U<sub>m</sub>=40.5 kV)挤包绝缘电力电缆及附件 第 2 部分：额定电压 6 kV(U<sub>m</sub>=7.2 kV)到 30 kV(U<sub>m</sub>=36 kV)电缆
- GB/T 12706.3 额定电压 1 kV(U<sub>m</sub>=1.2 kV)到 35 kV(U<sub>m</sub>=40.5 kV)挤包绝缘电力电缆及附件 第 3 部分：额定电压 35 kV(U<sub>m</sub>=40.5 kV)电缆
- GB/T 12706.4 额定电压 1 kV(U<sub>m</sub>=1.2 kV)到 35 kV(U<sub>m</sub>=40.5 kV)挤包绝缘电力电缆及附件 第 4 部分：额定电压 6 kV(U<sub>m</sub>=7.2 kV)到 35 kV(U<sub>m</sub>=40.5 kV)电力电缆附件试验要求
- GB/T 17626.1 电磁兼容 试验和测量技术 抗扰度试验总论
- GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
- GB/T 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度
- GB/T 17626.12 电磁兼容 试验和测量技术 振铃波抗扰度试验

GB/T 18380.35 电缆和光缆在火焰条件下的燃烧试验 第 35 部分：垂直安装的成束电线电缆火焰垂直蔓延试验 C 类

GB/T 18451.1 风力发电机组 设计要求

GB/T 18451.2 风力发电机组 功率特性测试

GB/T 19069 失速型风力发电机组 控制系统 技术条件

GB/T 19071.1 风力发电机组 异步发电机 第 1 部分：技术条件

GB/T 19071.2 风力发电机组 异步发电机 第 2 部分：试验方法

GB/T 19072 风力发电机组 塔架

GB/T 19073 风力发电机组 齿轮箱设计要求

GB/T 19963.1 风电场接入电力系统技术规定 第 1 部分：陆上风电

GB/T 20319 风力发电机组 验收规范

GB/T 20320 风力发电机组 电能质量测量和评估方法

GB/T 22516 风力发电机组 噪声测量方法

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

GB/T 23479.2 风力发电机组 双馈异步发电机 第 2 部分：试验方法

GB/T 25383 风力发电机组 风轮叶片

GB/T 25384 风力发电机组 风轮叶片全尺寸结构试验

GB/T 25385 风力发电机组 运行及维护要求

GB/T 25386.1 风力发电机组 控制系统 第 1 部分：技术条件

GB/T 25386.2 风力发电机组 控制系统 第 2 部分：试验方法

GB/T 25387.1 风力发电机组 全功率变流器 第 1 部分：技术条件

GB/T 25387.2 风力发电机组 全功率变流器 第 2 部分：试验方法

GB/T 25388.1 风力发电机组 双馈式变流器 第 1 部分：技术条件

GB/T 25388.2 风力发电机组 双馈式变流器 第 2 部分：试验方法

GB/T 25389.1 风力发电机组 永磁同步发电机 第 1 部分：技术条件

GB/T 25389.2 风力发电机组 永磁同步发电机 第 2 部分：试验方法

GB/T 29553 风力发电复合材料整流罩

GB/T 29631 额定电压 1.8/3 kV 及以下风力发电用耐扭曲软电缆

GB/T 29760 风力发电复合材料机舱罩

GB/T 31517 固定式海上风力发电机组 设计要求

GB/T 32077 风力发电机组 变桨距系统

GB/T 33606 额定电压 6 kV( $U_m=7.2$  kV)到 35 kV( $U_m=40.5$  kV)风力发电用耐扭曲软电缆

GB/T 33628 风力发电机组 高强螺纹连接副安装技术要求

GB/T 33629 风力发电机组 雷电保护

GB/T 33630 海上风力发电机组 防腐规范

GB/T 35792 风力发电机组 合格测试及认证

GB/T 35854 风力发电机组及其组件机械振动测量与评估

GB/T 36994 风力发电机组 电网适应性测试规程

GB/T 36995 风力发电机组 故障电压穿越能力测试规程

GB/T 37257 风力发电机组 机械载荷测量

GB/T 37424 海上风力发电机组 运行及维护要求

GB 50217 电力工程电缆设计标准

JB/T 10425.1 风力发电机组偏航系统 第 1 部分：技术条件

JB/T 10425.2 风力发电机组偏航系统 第2部分：试验方法

JB/T 10426.2 风力发电机组制动系统 第2部分：试验方法

JB/T 10427 风力发电机组一般液压系统

### 3 术语和定义

GB/T 2900.53 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**年可利用率 annual availability**

一年内，风力发电机组在设计规范范围内执行预期服务的运行时间所占的比例。

#### 3.2

**扫掠面积 swept area**

风轮旋转一周所生成的圆在垂直于风向平面上的投影面积。

#### 3.3

**环境条件 environmental conditions**

可能影响风力发电机组性能的环境特征（如风况、海拔高度、温度、湿度等）。

#### 3.4

**偏航系统 yawing system**

使水平轴风力发电机组的风轮轴绕塔架垂直中心线旋转的机构，偏航系统包括偏航驱动机构、回转支撑、制动装置等。

#### 3.5

**制动系统 braking system**

风力发电机组中起制动作用的装置的总称，一般包括气动制动装置和机械制动装置。

#### 3.6

**变桨距系统 pitch system**

控制并调整机组叶片桨距角的装置，主要包括变桨距控制装置，变桨距驱动装置、减速器、轴承、后备动力源、变桨距执行装置、变桨距润滑装置和变桨距检测装置。

## 4 机组通用技术要求

### 4.1 机组运行环境要求

#### 4.1.1 概述

机组在下列环境条件下应能正常运行，并应达到所规定的各项技术、性能指标。

#### 4.1.2 环境条件

表 1 陆上机组运行环境条件

序号	环境参数	常温型	低温型	高海拔型
1	运行环境温度	-10 ~ +40℃	-30 ~ +40℃	根据风场条件设计
2	生存环境温度	-20 ~ +50℃	-40 ~ +50℃	根据风场条件设计
3	相对湿度	≦ 95%	≦ 95%	≦ 90%
4	海拔高度	≦ 2000m	≦ 2000m	2000-5000m
5	太阳辐射强度	≦ 1000W/m <sup>2</sup>	≦ 1000W/m <sup>2</sup>	1060-1250W/m <sup>2</sup>
6	盐雾腐蚀	根据风场条件设计	无	无
7	沙尘	有	有	有

表 2 海上机组运行环境条件

序号	环境参数	海上机组
1	运行环境温度	-10 ~ +40℃
2	生存环境温度	-20 ~ +50℃
3	相对湿度	≦ 100%
4	太阳辐射强度	≦ 1000W/m <sup>2</sup>
5	盐雾	有
6	水密度	1.025kg/m <sup>3</sup>
7	水温范围	0 ~ +35℃

对于标准等级的海上风力发电机组，在风力发电机组部件上的覆冰，应从下述内容加以考虑：

温度在 0℃ 和 0℃ 以下的水气和碎冰；

温度在 0℃ 以下的波峰飞溅。

#### 4.1.3 电网条件

电网条件应满足：电压范围为额定电压±10%；频率范围为 48.5 Hz -50.5 Hz；三相电压不平衡度，电网正常运行时，负序电压不平度不超过 2%，短时不超过 4%。



## 4.2 载荷要求

陆上机组的载荷计算工况定义、安全系数及结构强度应满足 GB/T 18451.1 的规定。

海上机组的载荷计算工况定义、安全系数及结构强度应满足 GB/T 31517 的规定。

## 4.3 可靠性要求

4.3.1 陆上机组设计寿命应 $\geq 20$ 年，海上机组设计寿命应 $\geq 20$ 年。

4.3.2 整个风电场机组年可利用率不应低于 95%，单台机组年可利用率不应低于 90%。

## 4.4 振动特性要求

机组在所有设计运行工况下和给定使用寿命期内，不应发生任何机械及气动弹性不稳定现象，也不应产生有害的或过度的振动。

机组在正常运行范围内机舱和塔架、主轴承、齿轮箱和发电机的振动应满足 GB/T 35854 要求。

## 4.5 噪声要求

4.5.1 机组在输出功率为 1/3 额定功率时排放的噪声（等效声功率级）应小于或等于 110dB(A)，应满足 GB/T 20319 的相关要求。

4.5.2 陆上特殊环境（如分散式、村庄、牧场等）应优化机位点；海上风力发电机组不做要求，但特殊环境（如渔场等）应优化机位点。

## 4.6 可维护性与可维修性要求

在机组要维护的部位应留有调整和维护空间，以便于维护。机组及零部件在质量合格的前提下应具有维修、调整和修复性能。

陆上机组运行及维护应满足 GB/T 25385 的要求。

海上机组运行及维护应满足 GB/T 37424 的要求。

## 4.7 外观防护及防腐要求

机组及部件所有外露部分应涂漆或胶层，涂镀层应表面光滑、牢固和色泽一致。用在风沙低温区或近海盐雾区的机组，其涂镀层应考虑风沙或盐雾的影响。

海上机组防腐设计需满足 GB/T 33630 的要求。

## 4.8 安全要求

4.8.1 机组的安全等级应满足 GB/T 18451.1、GB/T 31517 的要求。

4.8.2 机组的雷电防护应满足 GB/T 33629 的要求。

4.8.3 在电力线路、电气设备、控制柜外壳及次级回路之间施加 1000 VAC 或 1500 VDC 的电压，测得的绝缘电阻应大于 1 M $\Omega$ 。

4.8.4 机组应配备必要的消防设备、应急设备和安全标识。

## 5 机组部件及系统技术要求

### 5.1 机械系统及部件技术要求

#### 5.1.1 概述

机械系统不包括独立的静态结构零件或电气零件，而是指将轴、连接件、轴承、滑动部件、齿轮和其他设备结合起来使用或传递相对运动的系统。在风力发电机组内部，这些系统包括传动链中各部件和其他辅助零部件。辅助零部件可由电动、液压、气动等方式进行驱动。

风力发电机组的机械系统设计应满足 GB/T 18451.1 的要求。

对于海上机组，应制定相关规定对机械系统进行保护，以避免受到海洋环境的影响。

#### 5.1.2 传动系统

5.1.2.1 机组传动系统用来连接风轮与发电机，并实现转速的变换与能量的传递，包括轮毂、主轴（如设计含有）、主轴承、齿轮箱（如设计含有）以及联轴器等。为了保证传动系统能够正常工作，同时还应考虑传动系统的润滑和必要的支承。

5.1.2.2 传动系统应能承受所规定的极限状态载荷，包括静载荷和动载荷。在传动系统工作转速范围内，风轮、传动轮系、轴系、轴系支撑和发电机等应不发生共振。

5.1.2.3 传动系统的设计应结构简单、容易加工并保证使用中维修方便，传动系统中的紧固件应尽量采用标准件，零部件的种类要限制在最小范围内。

5.1.2.4 轮毂应把风轮的转矩传递给主轴，主轴必须装配牢固、拆卸方便，并避免装配中应力集中。

#### 5.1.3 齿轮箱（如设计含有）

5.1.3.1 齿轮箱的重要零部件，如齿轮、轴、键、轴承、箱体以及紧固件，应能承受机组各种工况下的载荷（含极限载荷）。主齿轮箱的设计寿命应满足 GB/T 19073 的要求。

5.1.3.2 除特殊要求外，齿轮箱的旋向宜采用顺时针方向，即面对低速轴输入端看，低速轴的旋向为右旋。

5.1.3.3 在额定功率下，齿轮箱的机械效率应不低于 97%。

5.1.3.4 齿轮箱在工作转速和工作载荷范围内，传动轮系、轴系不应产生有害的或过度的振动。齿轮箱的振动可参照 GB/T 6404.2 要求，或满足风力发电机组制造商和齿轮箱制造商共同认可的要求。

5.1.3.5 齿轮箱的温度监测应满足 GB/T 19073 的要求。

5.1.3.6 齿轮箱的噪音可参照 GB/T 6404.1 要求，或满足风力发电机组制造商和齿轮箱制

造商共同认可的要求。

5.1.3.7 齿轮箱的润滑冷却系统应满足齿轮箱自身的需求。

#### 5.1.4 偏航系统

5.1.4.1 偏航系统技术条件应满足 JB/T 10425.1 的要求。

5.1.4.2 对重要控制功能，如电缆扭绞检测和解缆等，为保证安全，应采取冗余设计。

5.1.4.3 偏航系统应设置手动和自动两种模式，应确保在人为不正确维护时，不会影响机组的安全性。

5.1.4.4 偏航过程中，应有合适的阻尼力矩，以保证偏航平稳、定位准确。

#### 5.1.5 变桨距系统

5.1.5.1 变桨距系统结构设计应满足轮毂内安装的要求。

5.1.5.2 变桨距系统控制应能满足机组运行相关控制设计要求，保证机组的安全。

5.1.5.3 变桨距系统制动能力应满足机组在极限风速下桨叶锁定要求。

5.1.5.4 变桨距系统应具备手动变桨开关功能。

5.1.5.5 变桨距系统技术条件应满足 GB/T 32077 的要求。

#### 5.1.6 制动系统

制动系统应能够使风轮从任何运行状态（包括断电）变为空转模式或完全停止转动。

除风险评估结果明确规定的情况外，当风速小于维护和维修规定的限制风速时，应提供使风轮进入完全停止转动状态的措施。

推荐至少一个制动系统依据空气动力学原理工作，如直接用风轮制动。如果不能满足这个建议，那么至少有一个风轮制动系统应作用在风轮轴或风轮上。

如果制动系统设计为在紧急停机启动时使风轮停止，则在确定的风况下，制动系统动作后，至少应能够使风轮完全停止1h。

#### 5.1.7 润滑系统

机组内部关键滚动、转动、滑动系统及其他需要润滑的零部件或系统内部，应配置对应的润滑系统，应能保证在接触面之间始终有足够的润滑层。配有润滑系统或使用润滑介质的机组应配备废油回收装置。对于润滑介质，应明确运行及维护要求。

#### 5.1.8 冷却系统

机组内部转动部件、电气系统或柜体等对运行温度、环境温度等有具体要求的，根据设计需求配置冷却系统，保证温度控制在使用要求内。

5.1.8.1 冷却系统介质的选择可以是风冷、水冷或其他冷却介质。

5.1.8.2 冷却系统分主动冷却和被动冷却，主动冷却系统内零部件的选型应符合设计要求。

5.1.8.3 对配置冷却系统的，应对冷却介质的温度进行监测，温度过高时，机组应具有对应的保护措施。

### 5.1.9 液压系统

对于液压系统对应的零部件，应通过设计、制造和装配使系统避免受到相关的潜在危险。液压系统中应包括隔绝或释放积蓄能量的方法。输送压力介质的管道或软管的设计应能承受已知的内外压力。

5.1.9.1 液压系统技术条件应满足 JB/T 10427 的要求。

5.1.9.2 液压系统应无漏油现象。

5.1.9.3 停机、自检、启动、并网运行、制动过程中，液压系统的动作应及时、准确。

5.1.9.4 液压系统应设计在无压力或液压失效情况下，系统仍处于安全状态。

5.1.9.5 液压系统应设计在动力供给失效后能使机组保持在安全状态的时间不少于 5 天。液压变桨系统储能装置应满足完成至少 1 次完整的叶片紧急顺桨动作要求；液压变桨后备蓄能装置应具备低压报警功能。

5.1.9.6 泄露情况应不影响系统功能，如果发生泄露，应能及时发现且机组应能得到相应控制。

### 5.1.10 叶片

5.1.10.1 叶片的设计评估应满足 GB/T 25383 的要求。

5.1.10.2 机组叶片是一种全天候条件下运行的产品，叶片应考虑温度、湿度、盐雾、沙尘、辐射、雨蚀、结冰、防雷等环境因素对其设计寿命的影响。

5.1.10.3 应考虑叶片遭雷击的可能性，并采取相应的雷电防护措施，防雷设施应满足 GB/T 33629 的要求。

5.1.10.4 叶片气动设计是机组设计的基础，应考虑使用地区风资源如空气密度、湍流强度、切变等特点。

5.1.10.5 叶片结构设计应考虑实际运行环境条件的影响，在规定使用环境条件和设计寿命期限内，具有足够的强度和刚度，保证足够的叶片净空。

5.1.10.6 叶片所用材料应满足设计使用要求。

5.1.10.7 叶片的固有频率应避免与机组其他部件的激振频率和转速的倍频发生共振。

5.1.10.8 建议对叶片的失速特性进行评估分析，避免由于失速引起叶片振动。

5.1.10.9 需对叶片动力学模型进行气弹分析，避免叶片发生颤振或气弹失稳。

### 5.1.11 轮毂

5.1.11.1 轮毂宜采用球墨铸铁件，也可以采用满足设计要求的其他形式。轮毂与叶片必须采用高强度的螺栓连接，并有防止松动的措施。

5.1.11.2 轮毂应能承受机组各种工况下的载荷。

### 5.1.12 机舱底座

5.1.12.1 机舱底座设计要与整体布置统一考虑，应能承受机组各种工况下的载荷。机舱底座在满足强度、刚度和疲劳的前提下，应力求耐用、结构紧凑、轻量化。

5.1.12.2 机舱底座宜采用球墨铸铁件和钢板焊接件，也可以采用满足设计要求的其他形式。焊接机舱底座的焊缝必须经过超声波检查。

### 5.1.13 塔架

塔筒不仅需要具备一定的高度，使机组处于较为理想的位置上获取风能，而且还应有足够的强度和刚度，以保证在极端风况条件下，不会使机组倾倒。塔架的设计使用寿命不应低于风力发电机组的设计使用寿命。

机组塔架的结构形式有纯钢制锥筒形或圆筒形塔架、混凝土塔架、桁架式塔架、斜拉索式塔架等，设计要求可参考 GB/T 19072。塔架设计应进行整机状态下的频率分析，其固有特性分析应考虑：固有频率和激振频率之间应有适当的间隔，激振频率应大于等于固有频率的 1.05 倍或小于等于固有频率的 0.95；同时考虑到不确定性因素的影响，在计算固有频率时，应考虑±5%的偏差。塔架可能存在共振情况时，应采取软件或硬件的措施，减小塔架振动和摆幅。

### 5.1.14 机舱罩、整流罩

5.1.14.1 机舱罩技术条件应满足 GB/T 29760 的要求，整流罩技术条件应满足 GB/T 29553 的要求。

5.1.14.2 机舱罩、整流罩应考虑使用地域的极限风速和机组运行过程中所受的各类载荷，同时还需考虑防雷、防雨、防尘、通风散热、检修时的安全等要求。

## 5.2 电气系统技术要求

电气系统的设计应满足 GB/T 18451.1、GB/T 5226.1、GB 5226.3 的要求，所有正常和极端外部条件下，风力发电机组运行和维护期间，对人畜的危害以及对风力发电机组及外部电气系统的潜在损害最小。

电气部件应与其电气条件和使用环境相匹配。

### 5.2.1 发电机

5.2.1.1 发电机应根据发电机类型分别对应 GB/T 19071.1、GB/T 25389.1、GB/T 23479.1 的要求，电网接入特性应满足 GB/T 19963.1 的要求。

5.2.1.2 发电机或装成整机状态后外壳防护等级应满足 GB/T 4942 的要求。

5.2.1.3 发电机的结构及安装型式应满足 GB/T 997 的要求。

5.2.1.4 发电机应有可靠的冷却方式，发电机冷却系统应满足发电机散热需求。

5.2.1.5 发电机设计寿命应满足机组寿命要求。

## 5.2.2 变压器

5.2.2.1 变压器技术条件应满足 GB/T 1094.16 的要求，电网接入特性应满足 GB/T 19963.1 的要求。

5.2.2.2 变压器应能承受频繁合闸引发的涌流带来的机械效应和热效应。

5.2.2.3 变压器应考虑谐波电流引起的增容要求。

## 5.2.3 交流金属封闭开关设备和控制设备

5.2.3.1 交流金属封闭开关设备和控制设备技术条件应满足 GB/T 11022、GB/T 3906 的要求。

5.2.3.2 对于安装在海拔高于 1000 米处的设备，外绝缘在使用地点的绝缘耐受水平应按照 GB/T 311.1 的附录 B 确定，交流金属封闭开关设备和控制设备的额定绝缘水平应等于或高于该数值。

5.2.3.3 交流金属封闭开关设备和控制设备电弧级（IAC）的额定值应符合 GB/T 3906 的规定。

5.2.3.4 交流金属封闭开关设备和控制设备中气体的要求，应符合 GB/T 11022 及 GB/T 3906 的规定。

5.2.3.5 交流金属封闭开关设备和控制设备中联锁装置的要求，GB/T 11022 的规定。

5.2.3.6 交流金属封闭开关设备和控制设备中辅助和控制设备的要求，应符合 GB/T 11022 的规定。

## 5.2.4 变流器

5.2.4.1 变流器技术条件应满足 GB/T 25387.1、GB/T 25388.1 的要求，电网接入特性应满足 GB/T 19963.1 的要求。

5.2.4.2 变流器的设计应保证各个电气连接的正确性，辅助器件应在装配前确认处于合格状态，电缆和导线的敷设和连接应符合 GB/T 5226.1 规定。

5.2.4.3 变流器的设计应能满足在稳态条件下，电压总谐波畸变率小于 5%时稳定运行。

5.2.4.4 变流器应能快速响应机组给定转矩指令，并转矩反馈精度满足整机控制要求。

5.2.4.5 变流器在出现异常情况、超出变流器可承受限制时，变流器应具备故障保护功能，保护机组及变流器的安全。

## 5.2.5 电缆、电线和附件

5.2.5.1 电缆、电线和附件的选择应根据现场安装的预期环境条件进行选型，电缆的安装施工应满足 GB 50217 的规定。

5.2.5.2 耐扭转电缆应满足 GB/T 29631、GB/T 33606 的要求，其余电缆宜满足 GB/T 12706.1、GB/T 12706.2、GB/T 12706.3、GB/T 12706.4 的规定。

5.2.5.3 在塔架或机舱内安装电缆、电线和附件应考虑防油脂或环境液体，电缆应至少满足 GB/T 18380.35 规定的成束阻燃 C 类。

5.2.5.4 电缆的设计选型应确保在正常工况条件下，导体温度不超过电缆的最高使用温度，

应确保故障切除前电缆、电线不受短路和过电流损害。

### 5.3 控制系统技术要求

5.3.1 机组的控制系统技术条件应满足 GB/T 25386.1、GB/T 19069 及 GB/T 18451.1 的要求。

5.3.2 控制系统应对机组各功能子系统进行监测，保持机组正常运行，并在异常情况下启动安全保护功能。控制系统的指令应能准确、有效、及时地发出，保证在规定的条件下有效、安全的运行。

5.3.3 控制系统应具备监测机组运行数据的功能，应包括以下主要数据：

——发电机轴承温度、绕组温度、机组有功功率与无功功率、电网三相电流、电网三相电压、频率、转速；

——机组有功功率、无功功率、发电量；

——电网三相电流、三相电压、频率、功率因数；

——发电机转速、转矩、轴承温度、绕组温度；

——齿轮箱油温、轴承温度（如有齿轮箱）；

——液压装置油位及压力；

——风速、风向、环境温度；

——机组振动加速度；

——风轮转速；

——主轴承温度；

——偏航状态、扭缆角度；

——变流器控制参数；

——机组桨距角，变桨距系统轴柜温度；

——其他机组运行参数等。

5.3.4 控制系统应能实现风力发电机组的正常运行控制功能，包括：启动控制、并网控制、转矩控制、无功补偿控制、偏航控制、扭缆限制与自动解缆控制、停机控制等。

5.3.5 控制系统应具备故障处理功能，在实时对机组运行过程中出现的故障进行检测的基础上，显示机组当前触发的故障并根据故障类型选择进行正常停机、紧急停机或报警，并能记录保存故障前后机组状态参数。同时针对可自复位和不可自复位的故障实现机组重新自动启动或人工启动。在故障情况下，控制系统应能及时保护停机并显示相应的故障类型及参数。

5.3.6 控制系统应具备安全保护功能。当机组发生故障或监控的状态超过极值而出现危险，或控制系统失效，则应启动安全保护系统，使机组维持在安全状态。主要保护功能见表 3。

表 3 保护功能

序号	项目
1	发电机过温度保护
2	齿轮箱过温度保护（如有齿轮箱）
3	电缆过缠绕保护
4	过振动保护
5	过电压保护
6	过功率保护
7	缺相保护

8	主接触器保护
9	控制通讯保护
10	控制器出错保护
11	电网失电保护
12	大风切出保护
13	风轮超速保护
14	发电机超速保护

## 6 试验方法

### 6.1 试验条件

#### 6.1.1 试验要求

机组应进行部件/系统工厂试验和整机现场试验。试验时应遵循以下要求：

- a) 部件/系统工厂试验：试验部件/系统应使用合适的测试设备进行厂内试验，必要时应将机组安装至试验平台开展试验。
- b) 整机现场试验：试验机组完成现场安装调试后进行现场试验，功率特性测试与机械载荷测试的测试场地应满足 GB/T 18451.2 的要求，噪声测试的测试场地应满足 GB/T 22516 的要求。

#### 6.1.2 试验准备

6.1.2.1 工厂试验时试验机组应包含所有部件和系统。

6.1.2.2 现场试验时试验机组应已完成安装调试。

#### 6.1.3 试验设备与仪器

试验使用的仪器、传感器等设备均应经国家认可的计量器具检测机构检定合格，并在有效期内；试验使用的仪器仪表的测量范围、准确度应符合试验要求和相关文件规定。

#### 6.1.4 试验人员

试验人员应通过相关的培训，培训合格后可进行相关的试验。



## 6.2 试验内容和方法

### 6.2.1 部件/系统工厂试验

#### 6.2.1.1 机械连接性能检验

机械连接性能检验主要是检验机组主要部件的紧固件连接情况,检验传动系统连接的情况,紧固件紧固性能检查应满足 GB/T 33628 的要求;

#### 6.2.1.2 液压系统检验

液压系统的试验内容和方法应满足 JB/T 10427 的要求。

#### 6.2.1.3 偏航系统试验

偏航系统的试验内容和方法应满足 JB/T 10425.2 的要求。

#### 6.2.1.4 制动系统试验

制动系统的试验内容和方法应满足 JB/T 10426.2 的要求。

#### 6.2.1.5 叶片试验

机组叶片的试验内容和方法应满足 GB/T 25384 的要求。

#### 6.2.1.6 变桨距系统试验

变桨距系统的试验内容和方法应满足 GB/T 32077 的要求。

#### 6.2.1.7 齿轮箱试验

齿轮箱的试验内容和方法应满足 GB/T 19073 的要求。

#### 6.2.1.8 发电机试验

发电机的试验内容与方法应满足 GB/T 19071.2、GB/T 25389.2、GB/T 23479.2 的要求。

#### 6.2.1.9 变压器试验

变压器的试验内容与方法应满足 GB/T 1094.16 的要求。

#### 6.2.1.10 开关柜试验

开关柜的试验内容与方法应满足 GB/T 11022、GB/T 3906 的要求。

#### 6.2.1.11 变流器试验

变流器的试验内容与方法应满足 GB/T 25387.2、GB/T 25388.2 的要求。

#### 6.2.1.12 控制系统试验

控制系统的试验内容和方法应满足 GB/T 25386.2 的要求。

#### 6.2.1.13 空载拖动试验

通过拖动装置或使发电机工作在电动机模式下,将机组传动系统驱动至运行转速范围内,转速点应在低速、中速、高速均有分布,每个转速点应连续空载运行一段时间,拖动过程中检查传动系统各系统的工作性能。

#### 6.2.1.14 负载拖动试验

##### 6.2.1.14.1 并网试验

将机组安装至试验平台,与并网变流器连接进行并网试验,记录试验过程中电压、电流的波形。

##### 6.2.1.14.2 加载试验

在机组并网后,给定转速与负载使机组按照设计的功率曲线运行至额定功率,应至少取 15 个点记录转速、功率的变化,功率点应在均匀分布,绘制转速—功率曲线。

#### 6.2.1.14.3 功率因数调节试验

将机组安装至试验台使机组并网运行，通过变流器后台或者主控系统给定功率因数，改变机组输出功率，记录机组并网点有功功率及无功功率的变化。

#### 6.2.1.15 安全保护功能试验

安全保护功能试验是在人为设置各种故障后，观察机组的安全保护功能的控制相应是否满足机组的安全设计要求。故障状态一般包括以下几种，但不仅限于下述状态。

- a) 机舱振动超限；
- b) 紧急停机；
- c) 转速超限；
- d) 发电机功率超限；
- e) 电缆扭绞；
- f) 风速信号丢失；
- g) 风向信号丢失；
- h) 温度超限；
- i) 变流器故障；
- j) 主控制器故障；
- k) 制动器故障。

#### 6.2.1.16 电磁兼容性试验

机组控制系统的电磁兼容性试验应满足 GB/T 17626.1、GB/T 17626.2、GB/T 17626.3、GB/T 17626.4、GB/T 17626.5、GB/T 17626.6、GB/T 17626.12 的要求。

### 6.2.2 整机现场试验

#### 6.2.2.1 安全及功能性试验

机组安全及功能性试验满足 GB/T 35792 的要求。

#### 6.2.2.2 功率特性测试

机组功率特性测试满足 GB/T 18451.2 的要求。

#### 6.2.2.3 机械载荷测试

机组机械载荷测试满足 GB/T 37257 的要求。

#### 6.2.2.4 噪声测试

机组噪声测试满足 GB/T 22516 的要求。

#### 6.2.2.5 电能质量测试

机组电能质量测试满足 GB/T 20320 的要求。

#### 6.2.2.6 故障电压穿越能力测试

机组故障电压穿越能力测试满足 GB/T 36995 的要求。

#### 6.2.2.7 电网适应性测试

机组电网适应性测试满足 GB/T 36994 的要求。

### 6.3 试验报告

试验报告内容及格式见附录 A。

## 7 检验规则

### 7.1 机组出厂试验

7.1.1 机组出厂试验依据制造商与业主签订的合同执行；

7.1.2 机组出厂试验项目：

- 空载拖动试验，试验内容详见 6.2.1.18；
- 安全保护功能试验，试验内容详见 6.2.1.20。

### 7.2 型式试验

7.2.1 在下列情况之一时需进行型式试验：

- a) 新产品试制定型鉴定时；
- b) 原材料、结构、工艺有重大变化，可能影响产品性能时；
- c) 国家质量监督机构提出进行型式试验要求时。

7.2.2 型式试验内容应满足 GB/T 35792 的要求，也可通过第三方机构评估获证。

7.2.3 型式试验中若有不合格的项目出现，允许修整后对不合格的项目重新复检，并以复检结果为准。

## 8 标志、标签、使用说明书

### 8.1 标志、标签

机组应有明显的标志、标签，应保证铭牌字迹在整个使用期内不易磨灭。铭牌应放在机组的显著位置。铭牌应有下列内容：

- a) 名称；
- b) 型号、商标或产品代号；
- c) 主要技术参数；
- d) 制造商名称；
- e) 出厂编号、制造日期（批号）。

### 8.2 使用说明书

使用说明书应满足 GB/T 9969 的规定。

## 9 包装、运输、贮存

### 9.1 包装

9.1.1 产品包装应保证产品在贮存、运输过程中不受损伤，并有防雨、防尘能力。

#### 9.1.3 供货技术文件

供货技术文件内容如下：

- a) 随机文件清单；
- b) 产品合格证；
- c) 产品说明书（包括使用、原理、维护等）；
- d) 交货明细表；
- e) 出厂检验记录。

### 9.2 运输

9.2.1 塔架、机舱应牢固在货车等运载体上；

9.2.2 叶片、控制柜等不应相互挤压，贴近处用隔离层、垫等柔软物将其隔离；

9.2.3 在运输过程中应可靠固定，运输过程中各部件不能有撞击、位移和晃动；

9.2.4 运输过程中要防尘、防雨；

9.2.5 运输过程中不应擅自移动设备位置，且不应拆除设备运输支架；

9.2.6 海上运输船舶应满足运输沿线国家和地区航运的相关要求；

9.2.7 海上运输船舶应具有足够的载重能力、纵强度、横强度以及扭转强度；设备积载区域应具有足够的局部强度，并应清洁干燥。

### 9.3 贮存

9.3.1 环境条件应符合以下要求：

- a) 生存环境温度应满足 4.1.2 表 1 中的要求；
- b) 相对湿度应满足 4.1.2 表 1 中的要求；
- c) 不应有酸碱等腐蚀气体。

9.3.2 机舱、轮毂等组件长期存放应有定期维护措施；

9.3.3 塔架和叶片允许露天贮存，但应有一定的防护措施。

## 10 其他

若用户对机组有特殊要求，可与制造商协商确定。

**附录 A**  
**(资料性)**  
**试验报告格式和内容**

**A.1 封面**

**A.1.1 封1**

封1应包括试验报告名称、报告编号、编写报告单位和日期等。

**A.1.2 封2**

封2应包括以下内容：报告名称、报告编号、试验地点、试验负责人、试验参与人员、试验日期、报告编写人、校核人、审核人、批准人等。

**A.2 报告内容**

**A.2.1 前言**

任务来源、试验概况等。

**A.2.2 试验机组**

试验机组简介，机组主要参数等。

**A.2.3 试验设备**

试验台、试验设备简介，仪器设备的名称，型号规格、精度及校准日期等。

**A.2.4 试验项目**

试验项目名称，试验条件等。

**A.2.5 试验方法**

试验方法及引用文件等。

**A.2.6 试验结果**

列出试验数据及图表，分析所得的结果。

**A.2.7 结论**

根据试验结果，分析得出试验结论。

**A.2.8 其他**

试验方法与引用文件的偏差说明等。

**A.3 附录**

报告正文中未具体展示的资料性图表及照片。