

# T/HNEE

## 河南省能效技术协会团体标准

T/XXX XXXX—XXXX

### 高效低风速垂直轴风力发电机组

Efficient low wind speed vertical axis wind turbine generator set

(送审稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

河南省能效技术协会 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 .....	1
4 技术要求 .....	3
4.1 概述 .....	3
4.2 总则 .....	3
4.3 环境条件 .....	3
4.4 载荷 .....	3
4.5 结构设计 .....	4
4.6 电气性能 .....	5
4.7 性能要求 .....	5
5 生产工艺 .....	6
5.1 概述 .....	6
5.2 地脚螺栓组 .....	6
5.3 支撑臂 .....	6
5.4 旋转轴组 .....	7
5.5 轴承座组 .....	7
5.6 塔筒 .....	8
5.7 叶片 .....	9
6 实验与评估 .....	12
7 组装与调试 .....	12
7.1 概述 .....	12
7.2 计划 .....	12
7.3 安装条件 .....	12
7.4 场地安全 .....	12
7.5 环境条件 .....	12
7.6 文件 .....	12
7.7 接收、装卸和存放 .....	12
7.8 基础/地锚系统 .....	13
7.9 组装、竖立 .....	13
7.10 紧固件和联接件 .....	13
7.11 吊装安全 .....	13
8 维护与保养 .....	13
9 常见故障与排除方法 .....	13

## 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。

本文件由河南省能效技术协会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 高效低风速垂直轴风力发电机组

## 1 范围

本标准规定了高效低风速垂直轴风力机（High efficiency low-wind-speed vertical axis wind power generator system，简称 HELWSVAWPGS），在特定环境下，技术要求、生产加工、组装调试等过程中的安全要求，具体涉及垂直轴风力机各零部件，如叶片、塔筒、主轴、支撑臂和电气设备等。

本标准适用于切入风速不大于2.0m/s或风轮扫掠面积不小于50平方米的并网型或离网型垂直轴风力发电机组。

## 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 29494-2013 小型垂直轴风力发电机组
- GB/T 33593-2017 分布式电源并网技术要求
- GB/T 19068.1-2017 小型风力发电机组 第1部分：技术条件
- GB/T 10760-2017 小型风力发电机组用发电机 第1部分：技术条件
- GB/T 18451.2-2021 风力发电机组 功率特性测试
- GB/T 18451.1-2022 风力发电机组 设计要求
- GB/T 43904-2024 风能发电系统 风力发电机组运行评价指标体系

## 3 术语和定义

GB/T 18451.1-2022《风力发电机组 设计要求》界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 风轮

由叶片等部件组成的将风能转化为机械能的转动件。

### 3.2

#### 风力组

将风能转化为机械能的动力机械。

### 3.3

#### 高效低风速垂直轴风力机

风轮轴基本上垂直于风向的风力机（叶片做功给中心驱动轴垂直于地平线）。

### 3.4

#### 风力发电机组

将风能转化为电能的系统。

### 3.5

#### 垂直轴风力发电机组

装配垂直轴风力机的发电系统。

### 3.6

#### 叶片

具有空气动力形状，使风轮绕其轴转动的主要构件。

### 3.7

#### 轮毂

将叶片或叶片组件安装在风轮轴上的装置。

- 3.8  
**支撑臂**  
将叶片或叶片组件与轮毂连接起来的装置。
- 3.9  
**塔筒**  
将风轮和电机组安装固定在一定高度的装置。
- 3.10  
**风速**  
空气通过空间特定点上的瞬时运动速度。
- 3.11  
**扫掠面积**  
风轮旋转时生成的投影面积，为旋转直径与叶轮高度的乘积，又称掠风面积。
- 3.12  
**安全风速**  
结构能承受的最大设计风速的俗称，又称生存风速。
- 3.13  
**切入风速**  
HELWSVAWPGS 开始发电时，轮毂高度处的最低风速。
- 3.14  
**切出风速**  
HELWSVAWPGS 安全地实现功率输出时，轮毂高度处的最高风速。
- 3.15  
**制动**  
能有效地降低风轮转速或使其停止转动的手段。
- 3.16  
**制动器**  
能降低风轮转速或能停止风轮旋转的装置。
- 3.17  
**控制系统**  
接收风力机或其他环境信息，调节风力机，使其保持在工作要求范围内的系统。
- 3.18  
**最大极限状态**  
通常指风力机处于能承受最大载荷的极限状态，即与损坏和可能造成的错位或变形对应的极限状态。
- 3.19  
**额定风速**  
HELWSVAWPGS 达到额定功率输出时规定的风速。
- 3.20  
**环境条件**  
影响 HELWSVAWPGS 工况的环境特征（海拔，温度，湿度等）。
- 3.21  
**外部条件**  
影响风力机工作的诸因素，包括风况，电网条件和其他气象因素（温度、冰、雪等）。
- 3.22  
**极端风速**  
T 秒内的平均最高风速，它可能是 N 年一遇（重现周期 N 年）。注：本标准采用的周期 N=50 年和 N=1 年，采用的时限 T=3s 和 T=10s。极端风速即为俗称的“安全风速”。
- 3.23  
**停机**  
风力发电机组正常关机以后的状态。

## 3.24

**风力机停机**

根据风力机结构的不同，决定是采用静止或是空转的停机状态。

## 3.25

**功率输出**

通过专用设备将电能输送给用电设备的过程。

## 3.26

**定期维护**

严格按预定的日期表进行预防性维护。

## 4 技术要求

## 4.1 概述

为了保证 HELWSVAWPGS 零部件的安全，在下面的条款中给出了技术要求。这些技术要求应用于 HELWSVAWPGS 的设计、制造的质量管理过程。

## 4.2 总则

- a) 应具有足够的强度和刚度；
- b) 应具有良好的工艺性和经济性；
- c) 应具有高的可靠性和良好的使用维护性；
- d) 应具有良好的性能：系统总效率高、工作风速范围宽、对环境影响小、噪声低、重量轻；
- e) 应满足环境条件要求。

## 4.3 环境条件

风力机的设计应考虑对其性能、使用和对安全有影响的自然环境条件。

- a) 标准大气参数（海平面）：压力  $P_0=101.325\text{kPa}$ ；温度  $t_0=15^\circ\text{C}$ （或  $T_0=288.15\text{K}$ ）；密度  $\rho=1.225\text{kg/m}^3$ ；
- b) 设计时所考虑的环境温度范围一般为  $-40\sim+40^\circ\text{C}$ ；
- c) 应考虑湿度的影响。
- d) 应考虑盐雾、积雪和结冰、沙尘和雷击的影响。
- e) 风力机的设计应考虑自然风的特性。

## 4.4 载荷

风力机设计时，应考虑不同工况下的载荷和载荷计算要求。

## 4.4.1 不同工况下的载荷

4.4.1.1 风力机在工作风速范围内正常工作时所受的载荷，这是风力机的基本载荷：

- a) 风力机在额定工况下的载荷；
- b) 风速按区间取为常值时的载荷；
- c) 按 25 年寿命确定载荷的循环次数。

4.4.1.2 风力机在工作风速范围内正常工作突遇阵风时所受的载荷：

- a) 风力机在额定工况时突遇阵风所受的载荷；
- b) 风速接近停机风速，风力机超速状态突遇阵风所受的载荷。

4.4.1.3 风力机在运行中出现故障引起的载荷，故障情况有：

- a) 无负载引起超速时的载荷；
- b) 不允许的突加负载时的载荷；
- c) 风轮转速控制系统故障时的载荷；
- d) 传动系统故障时的载荷。

## 4.4.1.4 最大风速

- a) 风力机停机时遇最大风时的载荷；
- b) 风力机在慢转状态时遇最大风时的载荷。

4.4.1.5 风力机应急刹车时的载荷。

4.4.1.6 风力机运输、安装、调试过程中作用在零部件上的载荷。

#### 4.4.2 载荷计算要求

4.4.2.1 计算时应考虑风轮和全机的气动载荷、惯性载荷、重力载荷和阻尼载荷。

4.4.2.2 对给出的每种工况下的载荷均应考虑：风速变化、风轮转速变化、风力机及安全机构所处状态、风剪切。

4.4.2.3 若结构在载荷作用下产生的变形明显地改变了载荷的大小和分布时，则应考虑变形的影响。

#### 4.4.3 强度准则

4.4.3.1 上述载荷均为使用载荷。设计载荷是使用载荷乘以安全系数。一般部件的安全系数取 1.5，对于重要接头、铸件和焊接件等关键零部件，其安全系数值应适当增大。

4.4.3.2 材料的机械性能应根据有关标准的规定选用。凡在现行标准中未列出的材料（特别是复合材料），其性能应经试验验证后方可使用。

4.4.3.3 强度要求：

- a) 应通过可靠的分析方法和试验验证，证实风力机各部件能满足静强度要求和动强度要求。
- b) 在设计破坏载荷作用下，各部件结构的应力不超过材料的极限应力，不影响风力机的安全和使用。
- c) 采用安全寿命设计原则设计的部件，应保证在使用寿命期内不发生疲劳破坏。采用损伤容限设计原则设计的部件应综合考虑材料应力水平和结构形式，以减少由于未发现的缺陷、裂纹或损伤的扩展而造成风力机被坏。

### 4.5 结构设计

#### 4.5.1 一般要求

4.5.1.1 应采取措施保证风力机在规定的使用环境条件下在其寿命期内不损坏。

4.5.1.2 应保证风力机局部发生故障或损坏时不致引起总体破坏。

4.5.1.3 对于在维护中不易接近、难以修复或更换的零部件，应采用安全寿命设计原则。

4.5.1.4 对于在维护中易于检查、修复或更换的零部件，建议采用损伤容限设计原则，应选择合适的结构型式和材料，规定相应的检修周期和安全工作周期。

4.5.1.5 对风力机的各零部件，应采取有效的防腐措施。

#### 4.5.2 安全机构

4.5.2.1 风力机应设计有安全机构。

4.5.2.2 安全机构应设计为独立的机构，当风力机及部件出现故障时，安全机构应能独立正常工作。

4.5.2.3 设计有两套以上的安全机构，当一套安全机构失灵时，另一套仍能保护风力机不发生破坏。

4.5.2.4 对不小于 10kW 的风力机，安全机构应能限制风轮最大工作转速不超过 125%额定转速。

4.5.2.5 刹车机构设计要求：

- a) 停车时刹车除应在维修时能刹住风轮外，还应具有在安全风速范围内刹住风轮的功能；
- b) 运行中刹车允许有其他机构配合，以满足风轮最大功率和风轮最大工作转速时的功率消耗，保证刹住风轮；
- c) 应急刹车应保证刹车机构及主要部件不产生不可修复的破坏。

#### 4.5.3 动力学设计

##### 4.5.3.1 动力学分析计算

- a) 风轮、操纵系统、平台构架、传动系统、塔筒等部件的固有特性；
- b) 气动弹性、电气和机械系统及操纵的稳定性。

##### 4.5.3.2 动力学设计要求

在机构设计时，应通过可靠的动力学模型、计算分析和试验，对风力机各系统、部件的动力学特性和相互关系做详细的分析。

- a) 在结构设计时，应使风力机各系统、部件的固有频率在全部使用状态下尽量避开激振力频率，以保证不发生有害的和过度的振动，必要时采用吸振、减振和限幅等措施；
- b) 应通过分析、计算和试验来保证风力机及其部件，在全部使用状态下不发生颤振、发散及其他不稳定现象。

## 4.6 电气性能

### 4.6.1 概述

HELWSVAWPGS 的电气系统包括在 HELWSVAWPGS 终端的所有安装于其上的电气设备。下面称作 HELWSVAWPGS 电气系统。

### 4.6.2 一般要求

4.6.2.1 所有电气元件和系统均须满足 IEC60204—1 的要求。

4.6.2.2 HELWSVAWPGS 电气系统的设计，应保证对人畜最小的伤害。须保证正常和极限外部条件下，HELWSVAWPGS 运行和维护中对 HELWSVAWPGS 外部电气设备的最小伤害。

4.6.2.3 HELWSVAWPGS 的电气系统，包括所有电气设备和电气元件，必须遵从 IEC 相关标准。特别是 HELWSVAWPGS 电气系统的设计必须符合 IEC60364 的要求。制造厂应指明 HELWSVAWPGS 使用的设计标准时大于交流 1000V 或直流 1500V 正常供电电压的电路这一部分内容。电气系统的设计还应考虑风力发电的波动特性。

4.6.2.4 HELWSVAWPGS 电气系统应遵照电磁兼容性的相关标准。

### 4.6.3 保护装置

除了 IEC60364 要求外，HELWSVAWPGS 电气系统还应有适当的防止 HELWSVAWPGS 和外部电气系统误动作的装置。

### 4.6.4 分离装置

当有维修和试验要求时，HELWSVAWPGS 的电气系统应能与电源分离。半导体器件不能单独使用分离装置。

维修工作中为安全起见使用的照明或其他电气设备的附属电路，应有自己的分离装置。

### 4.6.5 接地系统

HELWSVAWPGS 的设计应包括局部接地电极系统，以满足 IEC60363(电气设备正确操作)和 IEC61024—1(防雷)的要求。设计文件中应指出适合接地电极的土壤条件。推荐土壤条件的同时，还需指出可能遇到的其他一些不适宜的土壤。

接地设备(接地电极、接地导线、主接地端点和接地棒)的选择和安装应按 IEC60364—5—5—4 进行。任何工作在交流 1000V 或直流 1500V 以上的电气设备，都能为维护而接地。

### 4.6.6 防雷

按照 IEC61024—1 进行 HELWSVAWPGS 的防雷设计。在安全不会受损的前提下，将保护范围扩大到所有 HELWSVAWPGS 的零件。

### 4.6.7 电缆

有啮齿运动或其他动物损害电缆可能性的地方，应使用有金属编织层的电缆或使用护管。地下埋线要埋到合适的深度，以免遭受车辆或农机的损坏。如果没有护管，地下电缆用护套或胶带做出标记。

## 4.7 性能要求

4.7.1 机组的切入风速不大于 2.0m/s，额定风速不大于 11.0m/s。

4.7.2 机组的切出风速应不小于 25m/s，安全风速不小于 42.5m/s。

4.7.3 机组风轮扫掠面积不小于 50 平方米。

4.7.4 机组的噪声水平应不大于 60 dB(A)。

4.7.5 机组应通过功率特性试验，测定机组功率特性曲线和年发电量曲线。

## 5 生产工艺

### 5.1 概述

为了保证 HELWSVAWPGS 整机和零部件的安全，在生产过程中严格执行如下工艺规程和技术要求。这些要求应用于 HELWSVAWPGS 的制造及相关的质量管理过程。

### 5.2 地脚螺栓组

#### 5.2.1 法兰盘加工

- a) 下料：按图纸材质、尺寸要求分段下料；
- b) 辊压：按图纸分段辊压成扇形；
- c) 焊接：拼装组对法兰盘，检查无误按图纸要求焊接，焊缝平整光滑；
- d) 螺栓孔：按图纸要求切割螺栓孔，矫正平整法兰盘达到图纸要求。

#### 5.2.2 螺栓加工

- a) 下料：按图纸设计要求下料；
- b) 螺纹加工：按图纸尺寸加工两端螺纹。

#### 5.2.3 螺栓组组装焊接

- a) 装配前：清理法兰盘、螺栓毛刺、锈渍、油渍等杂物；
- b) 组装：依次组装所有螺栓上下内螺母，法兰盘和外螺母；
- c) 调整螺母：确保法兰盘上下位置尺寸符合图纸要求；
- d) 矫正：矫正上下法兰盘位置，确保上下法兰盘无扭曲，并锁紧上下外螺母；
- e) 定位：螺栓上部加装标椎塔筒连接法兰盘定位，确保上下法兰盘、螺栓位置符合图纸设计要求；
- f) 组焊：按图纸要求将法兰盘与上下所有内螺母焊接；
- g) 技术要求：法兰与螺栓组装整齐，无扭曲变形。地脚螺栓出厂前，需用另外成品法兰进行试套，确保螺栓位置无变形，完全套上为合格。

### 5.3 支撑臂

#### 5.3.1 组成

支撑臂组分为上支撑臂组和下支撑臂组。

#### 5.3.2 蒙板支架

- a) 按照图纸尺寸、材质下料。
- b) 围带钢，进行点焊、段焊，按图纸要求焊缝长度、间隔距离一致，焊缝平整光滑。
- c) 按图纸折弯钢板

#### 5.3.3 加工

##### 5.3.3.1 焊接

- a) 利用工装完成支撑臂、连接法兰、扇叶连接法兰、加强筋的拼装组对；
- b) 拆除工装完成连接板的拼装组对；
- c) 蒙板支架的拼装组对按图纸要求的正确位置，进行拼装组对，组对时注意两端对称；
- d) 按图纸技术要求完成整体焊接。

##### 5.3.3.2 涂装

- a) 抛丸除锈或喷砂，不得有氧化皮、锈蚀、切屑、油污、灰尘等；
- b) 按照涂装相应的标准要求，完成冷锌、封闭剂和面漆的涂装。

5.3.3.3 安装蒙皮，镀锌板、带钢及角钢均按照图纸要求加工铆钉孔进行铆接。

5.3.3.4 蒙皮涂装，蒙皮表面需去除镀锌层，按照涂装相应的标准要求，完成冷锌、封闭剂及整体面漆的涂装。

## 5.4 旋转轴组

### 5.4.1 法兰盘

- a) 法兰下料：根据图纸进行切割下料，预留加工余量；
- b) 法兰机加工：按照图纸技术要求完成粗、精加工，不得毛刺、飞边。

### 5.4.2 旋转轴

- a) 转轴下料：按图纸技术要求下料，预留加工余量；
- b) 转轴机加工：按照图纸技术要求完成加工，不得毛刺、飞边。

### 5.4.3 轮毂组

5.4.3.1 旋转轴组中，轮毂组分为上下2件。

- a) 轮毂组下料：按图纸材质、尺寸要求切割下料；
- b) 轮毂组拼装组对利用工装完成档板、侧板及长、短加强板的拼装组对（此组件中，档板只焊接1件，另1件在与旋转轴组焊接时再焊接）；
- c) 整体焊接：检查组对各部尺寸无误后，撤离工装，按图纸技术要求进行焊接。

### 5.4.4 旋转轴组焊接

#### 5.4.4.1 拼装组对

- a) 利用工装架起旋转轴：按图纸要求固定两端的轮毂组，另外轮毂组中未固定的档板也要同时固定；
- b) 固定法兰：按图纸要求确定法兰位置拼装组对；
- c) 固定加强筋：加强筋位置按法兰尺寸进行12等分，位于法兰两孔中间；
- d) 上下两个轮毂组及法兰相对于旋转轴的垂直度小于0.5毫米。

#### 5.4.4.2 整体焊接

拆卸工装后，按图纸技术要求进行焊接。

### 5.4.5 涂装

5.4.5.1 抛丸除锈或喷砂，不得有氧化皮、锈蚀、切屑、油污、灰尘等。

5.4.5.2 按照涂装相应的标准要求，完成冷锌、封闭剂和面漆的涂装。

## 5.5 轴承座组

### 5.5.1 组成

轴承座组由轴承座、主轴、轴承、密封件、调整螺母、塔筒连接法兰、增速机、电机等几部分组成。

### 5.5.2 轴承座

- a) 轴承座锻造：按轴承座图纸材质、尺寸锻造毛坯；
- b) 退火处理：降低锻件硬度，改善切削性能；
- c) 粗加工：按照轴承座图纸尺寸进行粗加工，留余量；
- d) 调质处理：提高材料机械性能；
- e) 精加工：按照图纸尺寸进行半精加工、精加工，确保尺寸精度、形位精度和粗糙度。

### 5.5.3 主轴

- a) 主轴锻造：按主轴图纸材质、尺寸锻造毛坯；
- b) 退火处理：降低锻件硬度，改善切削性能；
- c) 粗加工：按照主轴图纸尺寸进行粗加工，留余量；

- d) 调质处理：提高材料机械性能；
- e) 精加工：按照图纸尺寸进行半精加工、精加工，确保尺寸精度、形位精度和粗糙度。

#### 5.5.4 塔筒连接法兰

- a) 塔筒法兰下料 按图纸材质、尺寸下料，留加工余量；
- b) 按图加工法兰，确保尺寸精度和形位精度。

#### 5.5.5 轴承座组组装

- a) 清洗轴承座、主轴轴承及各组件，确保各组件清洁无污物；
- b) 分别安装上部密封组件、轴承和主轴，轴承加装润滑脂；
- c) 安装下部轴承和密封组件，加装润滑脂；
- d) 安装螺母并调整轴承松紧，确保主轴转动顺畅，无卡阻现象；
- e) 安装塔筒法兰；
- f) 安装增速机和电机，确保安装精度。

### 5.6 塔筒

#### 5.6.1 法兰盘

- a) 下料：按图纸技术要求切割下料（以省料原则可以分成六等份）；
- b) 打坡口：要求所有焊缝两面打坡口；
- c) 焊接：用工装进行拼装组对，撤出工装完成满焊；
- d) 切割孔：按图纸尺寸要求切割连接孔。

#### 5.6.2 塔筒主体

本件为两半折弯拼接组焊而成：

- a) 下料：按图纸技术要求切割，按一半放样展开下料；
- b) 折弯：按照图纸尺寸要求折弯，整体截面为正二十四边形；
- c) 合缝：要求合缝严密、均匀；
- d) 内部焊：焊缝要求平整、光滑、饱满，可埋弧焊或二保焊；
- e) 外部焊：焊缝要求平整、光滑、饱满，用埋弧焊设备进行焊接；
- f) 整形：按图纸尺寸要求进行整形矫正，确保两端法兰安装尺寸。

#### 5.6.3 操作孔

- a) 合页的制作，下料/机加工均按图纸要求；
- b) 上操作孔的制作，下料、卷板 利用工装进行制作；组焊 按图纸要求固定好各部件位置，进行拼装、组对、段焊；
- c) 上操作孔盖的制作，下料、固定铝合金百叶窗、固定耳板；
- d) 整体组装，按图纸要求。

#### 5.6.4 焊接部分

##### 5.6.4.1 塔筒部分小件焊接

线卡、托板、平台衬板、挡雨板、吊耳板，均按图纸要求固定位置，进行满焊。

##### 5.6.4.2 固定上、中、下三节塔筒的法兰；

- a) 将三节塔筒依次放在工装上，要求对缝点焊的同时，保证三节塔筒的同心；
- b) 固定法兰 符合图纸要求拼装组对，由操作工进行点焊，完成后撤离工装；
- c) 固定加强筋 按图纸要求进行焊接，加强筋均应焊接在折弯棱角处；
- d) 整体焊接技术要求：焊接应满焊、牢固，不允许有虚焊、裂纹、气孔、夹渣等缺陷。

##### 5.6.4.3 安装上塔筒组的上部操作孔；

- a) 确定上部操作孔的安装位置并划线标注；
- b) 切割上部操作孔；

c) 按图纸要求组对组合好的上部操作孔组，进行点焊、满焊。

#### 5.6.4.4 安装下塔筒组的下部操作孔；

- a) 确定下部操作孔的安装位置并划线标注；
- b) 切割下部操作孔；
- c) 按图纸要求组对组合好的下部操作孔组，进行点焊、满焊。

#### 5.6.5 固定附件

下塔筒组的穿线孔和外线卡按图纸确定位置开孔、焊接。

#### 5.6.6 涂装

- a) 抛丸除锈或喷砂，不得有氧化皮、锈蚀、切屑、油污、灰尘等；
- b) 按照涂装相应的标准要求，完成冷锌、封闭剂和面漆的涂装。

### 5.7 叶片

#### 5.7.1 铝合金扇叶组

##### 5.7.1.1 法兰组

根据图纸技术要求切割下料。

##### 5.7.1.2 骨架主管/支撑组/支架组

- a) 下料/拼焊按图纸要求进行拼装组对；
- b) 围带铝，进行点焊、段焊，要求焊缝长度、间隔距离一致，焊缝平整光滑。

##### 5.7.1.3 焊接部分

- a) 拼装组对；
- b) 螺杆与法兰的焊接；
- c) 用工装架起骨架主管，依次将蒙皮支架、支撑臂连接法兰按照图纸要求固定准确位置，进行点焊；
- d) 拉撑部分的拼装组对 均按照图纸要求进行组对；
- e) 撤下工装进行满焊，不得漏焊、虚焊。

##### 5.7.1.4 铝板安装

铝板、带钢及角钢均按照图纸技术要求加工铆钉孔进行铆接。

#### 5.7.2 玻璃纤维叶片

玻纤叶片制造分为六个步骤，磨具组合、胶衣喷涂、表面喷砂、上下舱铺层、真空辅材及树脂导入、脱模。

##### 5.7.2.1 模具组合

- a) 法兰安装：安装法兰模具时，先清理干净法兰夹缝积料，然后把法兰模具上面的预留圆孔对准模具上面的定位销组合，并用力按压使其 紧密相贴，然后压好模具法兰上面的快速夹具，使模具法兰固定；
- b) R角修整：法兰模具和模具之间的夹角合缝处用肥皂过度，并修整成圆滑一致的 R8 毫米的 R角；
- c) 模具清理：模具表面用干净的棉布清理干净，并仔细检查模具是否有损伤，并修整，并使模具具备良好的脱模性能；
- d) 脱模剂使用：新模具：先用洁模剂把模具表面清洁干净，间隔 20 分钟后，用封阻剂把模具擦拭三遍（用棉布擦拭，先横向均匀擦拭一遍，不漏擦。间隔 15 分钟后，纵向擦拭第二遍，依次循环擦拭第三遍。擦拭完后，间隔 30 分钟，用脱模剂均匀横纵循环擦拭五遍）使用中的模具：如感觉到脱模效果降低时，在喷胶衣前用脱模剂均匀把模具擦拭 1—2 遍；
- e) 粘贴纸胶带：上下模具口用 5cm 宽纸胶带粘贴。

##### 5.7.2.2 胶衣喷涂

- a) 检查准备喷涂胶衣范围内的环境卫生，要求该处清洁整齐，无粉尘；
- b) 胶衣及固化剂检查，确保该材料在保质期的有效范围内；

- c) 胶衣喷涂设备的清洗及检查，该设备应该在正规的审核期限内，清洗后无堵塞，无断喷，喷涂出的胶衣和固化混合良好，并喷洒均匀。
  - d) 检查喷射范围内的温度及湿度，满足温度 15-25℃，湿度≤80%；
  - e) 胶衣喷涂设备调整，根据当时喷射范围内的温度及湿度，来调整固化剂的混合比例，并使固化剂的比例控制在 1%~1.5%之间；
  - f) 胶衣喷射后，胶衣表面应薄厚均匀，平整，无挂流，无颗粒，厚度达到 0.6mm 左右；
  - g) 待喷射后的胶衣完全固化并达到 90 分钟后，方可进行下道工序。喷砂前先把法兰角手刷一层胶衣。
- 5.7.2.3 表面喷砂
- a) 检查准备喷涂玻纤范围内的环境卫生，要求该处清洁整齐，无粉尘；
  - b) 树脂及固化剂检查，确保该材料在保质期的有效范围内；
  - c) 玻纤喷涂设备的清洗及检查，该设备应该在正规的审核期限内，清洗后无堵塞，无断喷，喷涂出的纤维和树脂混合良好，并喷洒均匀；
  - d) 检查喷射范围内的温度及湿度，满足温度 15-25℃，湿度≤80%；
  - e) 玻纤喷涂设备调整，根据当时喷射范围内的温度及湿度，来调整固化剂的混合比例，并使固化剂的比例控制在 1%—1.5%之间；
  - f) 玻纤喷射后，玻纤表面应薄厚均匀，平整，无挂流，无颗粒，厚度达到 1mm 左右；
  - g) 待喷射后的玻纤完全固化并达到 90 分钟后，进行打磨处理，要求平整整洁，无毛刺。
- 5.7.2.4 上下舱铺层（上舱一片、下舱一片）
- a) 待喷射纱表面打磨光滑整洁后，可以开始铺纤维；
  - b) 先铺层一层复合型纤维布，再铺两层纤维布。纤维之间的固定用适量的定位喷胶粘固，喷胶应喷洒均匀，纤维布之间的搭接应至少保证 5cm，纤维布铺好后，表面应贴实整齐，无褶皱；
  - c) 前两层纤维布铺层结束后，单独把法兰加强区增加二层符合玻纤，附宽 20cm，以增加法兰的强度；
  - d) 预埋钢板放置：
    - 1) 严格按照图纸的尺寸要求，先把预埋钢板的位置标记出来，误差±5mm；
    - 2) 需要加预埋钢板的底部铺放两层泰山玻纤布，周边应大于预埋钢板的外边 10cm，并用定位喷胶粘贴固定；
    - 3) 放置预埋钢板在相应的位置。
  - e) 加强筋放置：
    - 1) 严格按照图纸的尺寸要求，先把预埋钢板的位置标记出来，误差±5mm；
    - 2) 把已制作好的钢材加强筋放置在相应的位置，并保证加强筋的底面和铺好的纤维布之间紧密贴合，无空隙；
    - 3) 待加强筋放好后，在表面铺层铺两层玻纤，第一层玻纤应比加强筋边缘处 10cm 以上，并用定位喷胶粘贴固定。第二层玻纤应大于第一层玻纤边缘 5cm，并用定位喷胶粘贴固定。
  - f) 法兰支架位置。待脱模布及导流网铺好后，把制作好的硅胶板用力按压螺栓的下面，再用真空袋膜密封。纤维铺层。继续铺层二层纤维布，纤维之间的固定用定位喷胶 均匀喷洒贴实，玻纤板布之间的搭接至少保证为 5cm，表面贴实整洁无褶皱。
- 5.7.2.5 真空辅材及树脂导入
- a) 铺脱模布：用定位喷胶将脱模布粘贴在已铺好的纤维布上，并使其周边大于玻纤布边缘 10cm—15cm，脱模布的搭接应在 5cm 左右，并保证不能漏玻纤布；
  - b) 铺导流网：用定位喷胶将导流网粘贴在已铺好的脱模布上，并使其周边小于玻纤布边缘 10cm 左右，搭接应在 5cm 左右，保证不漏铺；
  - c) 放置法兰托角：把制作好的法兰托角按模具位置，放好该处的托角，并用力按压，确保该法兰边角处不含空；
  - d) 贴密封胶条：先把模具周边需要贴密封胶条的一周清理干净，再贴密封胶条，粘贴好后用力下压胶条，确保胶条和模具粘贴紧密；
  - e) 摆缠绕管：沿模具的一周摆放，用多余出来的 10cm—15cm 脱模布配合定位喷胶将其包裹并固定；

- f) 装抽气管：在模具的前口的左右法兰处各安放一个抽气管，塑料三通的两端口接在已摆好的缠绕管上面，另一端接上够长的树脂管，并用密封胶条封好；
- g) 摆注胶管及注胶座：合理科学的摆放，并用密封胶条粘固；
- h) 密封真空袋膜：取适量大小的真空袋膜密封在已贴好的密封胶条上，需要打皱的地方用密封胶条密封，粘好后用力按压，确保其不漏气。接抽气管：把模具上已接好的两个抽气管接在树脂收集器的排气口上，真空压缩机上面的抽气管接在树脂收集器上面的抽气接口上，并用密封胶条密封，保证不漏气；
- i) 抽真空：打开真空压缩机开始抽除舱体里面的空气，仔细检查密封处是否漏气，并排除。检查漏气点的设备。最后必须保证舱内的真空度达到-85 兆帕以上，并且具备良好的保压性；
- j) 树脂导入：树脂的配比按照温度要求，固化剂的比例控制在 1%~1.5%之间。树脂必须每次用电子秤称重，固化剂用量杯计量，不允许凭经验配比。当固化剂倒入树脂里面后，立即开始搅拌，并搅拌均匀；
- k) 树脂导入注胶座的顺序。首先插入加强筋区域的注胶座，待加强筋完全浸透后，关闭该处的导入树脂，并依次开始从中间的注胶座开始注入树脂，使树脂的流动总是从舱体的中间往法兰两边扩散，并且尽量两面扩散速度一致，几乎同时达到法兰处。中间树脂的扩散总是树脂扩散到和外面那根树脂管结合时，在把该条树脂管封闭，然后导入下根树脂管的树脂；
- l) 继续保压。待树脂把整个舱体浸透后，封闭所有注胶管，但是真空压缩机必须继续工作，一直到树脂固化，并且放热过后，方可关闭真空压缩机；
- m) 树脂收集器清理。待真空压缩机关闭后，立即把树脂收集器打开，并马上清理里面的树脂，并清理干净；
- n) 导入过程中问题的补救。树脂流不到小的干区，采用注射的方法进行补救。比较大的干区：待整体固化后，按照真空导流的工艺，单独对该区域进行树脂导流补救。

#### 5.7.2.6 脱模

- a) 在树脂固化 120 分钟后，再进行脱模工作。
- b) 先去除产品里面的真空袋膜，导流网及脱模布。用光滑的木器或者塑料器具去除，以防止把产品内表铲坏；
- c) 回收能够再次循环利用的缠绕管，树脂管，三通及注胶座；
- d) 打开快速夹具，用木器轻轻击打，去除模具法兰，运输口框模具，并放到指定位置；
- e) 在产品的相应的位置打孔，装好模具工装，配合用木器轻轻击打方法，使产品脱模。禁止暴力起模；
- f) 产品脱模后，转移到指定位置放好。产品的运输及放置过程要特别注意，以防止产品的人为划伤。

#### 5.7.2.7 工艺注意事项

- a) 首先要了解模具形状：是否存在死角。如有死角，真空袋无法压实，不适用这种工艺成型。
- b) 做凝胶实验和样板实验。通过实验知道树脂在该条件下的导流速度和凝胶时间。确保凝胶时间略大于树脂导入时间，避免提前凝胶。通过实验估算铺层厚度；
- c) 模具准备：模具表面有较高的硬度和光泽度，模具边缘至少保留 15cm，便于密封条和管路的铺设；
- d) 选用增强材料：铺一层 30 克/平米的表面毡，以获得良好的表面效果；
- e) 铺层：注意要保证每层纤维紧贴模具，不留空间。在死角或沟槽处，袋膜需打折处理。层与层间用定型喷胶固定，喷胶不能使用过多，以免对产品固化不良；
- f) 铺脱模布：注意脱模布要大于产品，完全覆盖产品；
- g) 铺导流网：导流网要小于产品；
- h) 布管要仔细考虑树脂和抽真空管路的走向。导入树脂管间距离小于 1 米。布管原则：让树脂几乎同时到达模具四周；
- i) 密封真空袋：确保真空袋可压实制品表面。连接真空泵、树脂收集器与抽气管，确保真空表读数接近-0.1 兆帕。关闭气源，体系可保压。注意避免刺破真空袋；
- j) 导入树脂：根据平板实验，估算树脂用量。打开管路，导入树脂。树脂注入完毕后，夹上导流管凝胶后，关闭气源；

- k) 固化、脱模：模具形状多样性，要求操作者针对不同形状的模具，做出最合理的布管；
- l) 电源：从树脂导入的开始到固化，需要保持气压的稳定，电源供电来保持气压，期间不允许出现超过 10 分钟的断电。

## 6 实验与评估

为保证 HELWSVAWPGS 的安全高效运行，试验与评估应包含依据 GB/T 29494-2013 提供的相关功率特性试验、耐久性试验、噪声测试、强度评估及安全与功能试验、叶片及叶片连接件结构强度试验或评估、发电机试验、控制器及并网变流器性能试验等。根据需要由专业检测机构出具相关试验与评估报告。

## 7 组装与调试

### 7.1 概述

HELWSVAWPGS 的安装工作应符合国家高空作业相关安全规定要求，由经专门培训或有安装经验的人员进行。

HELWSVAWPGS 场地应便于准备、维护、操作和管理，以使工作安全有效地进行。入口位置要适当，不能任意设置。安装人员应能分辨出产生的和潜在的危险，并加以消除。

安装人员应使用眼、脚、耳和头部防护用具。攀塔人员、地面水面以上工作人员应进行一定程度的专业训练，并使用安全带、安全网、安全绳等安全攀登辅助设施或其他安全装置。必要时，水域或其他特殊场景周围要设置紧急救护装置。

所有设备都必须保持完好状态，并适合其工作性质。起重机，卷扬机和提升设备，包括所有钩锁，吊环和其他器具，都必须适合安全提升的要求。

### 7.2 计划

计划应包括下面相关内容：

- a) 挖掘施工安全规范；
- b) 施工详图和详细说明及检验计划；
- c) 预埋件，如基础、螺栓、地锚和加强钢筋等的处理规范；
- d) 混凝土成分，运输、取样、浇筑、加工和管道敷设规范；
- e) 塔筒及地锚的安装规程；
- f) 质量保证规程。

### 7.3 安装条件

HELWSVAWPGS 安装过程中，安装场地消除影响安全生产的隐患。

### 7.4 场地安全

进出场地必须安全。为达此目的，应考虑下列事项：行走通道和栅栏、交通、路面、路宽、清洁、通道承重能力、场内设施的移动。

### 7.5 环境条件

安装中，应遵守制造厂规定的环境限制。下列事项应予以考虑：风速、雪和冰、环境温度、扬沙、闪电、能见度、降雨等因素。

### 7.6 文件

HELWSVAWPGS 制造厂应提供 HELWSVAWPGS 组装、竖立、安装用图纸、详细说明和技术指导。制造厂还应提供载荷详情、重量、起吊点、专用工具和 HELWSVAWPGS 装卸及安装工作的必要说明。

### 7.7 接收、装卸和存放

安装工作中，HELWSVAWPGS 零部件的装卸和运输应用适合完成此项任务的设备进行，应与制造厂推荐的方法相一致。

HELWSVAWPGS 由重型设备卸下后，不再移动。选一块大小合适的平地，在其上做卸货和组装工作。如果找不到这样的地方，重型设备应固定在一个稳定地点。

在设备有移动危险和易受风伤害的地方，叶片、机舱和其他气动零部件和较轻的箱子，应该用绳子、木条等固定。

## 7.8 基础/地锚系统

为安装或组装的安全，在制造厂规定的地方使用专用工具、架子、固定器和其他器具。

## 7.9 组装、竖立

HELWSVAWPGS 的组装工作按照说明书进行。应进行检查，以确保润滑合适，零件完好。HELWSVAWPGS 的竖立应由经过培训的专业人员用合适和安全的方法进行。

竖立过程中，HELWSVAWPGS 的电气系统，除非特殊需要，不要接通电源。电气设备的供电工作应遵守制造厂的说明。

零件的运动（转动或移动）潜藏着危险。在整个竖立过程中，要将这些零部件固定。

## 7.10 紧固件和联接件

螺栓和其他联接件应根据 HELWSVAWPGS 制造厂推荐的扭矩和其他文件提供的扭矩拧紧。应查看紧固件标记，以确定拧紧时的扭矩和其他要求。特别是要进行检查，以便确定。

a) 拉索、电缆、转动接头、起重把杆和其他器具的连接和组装是否合适。

b) 提升装置的连接是否符合安全要求。

## 7.11 吊装安全

起重机和起吊设备以及所有吊钩、吊环和其他器具，应满足安全提升要求，能承受加于其上的全部载荷。制造说明书和有关竖立或装卸的文件应提供重要零部件和安全起吊点。起吊前应进行试吊，以验证起吊设备、吊环、吊钩等能安全起吊。

## 8 维护与保养

8.1 正常检查周期为：每 10 天定期去各风电机组，通过望、听和观测，来判断机组可能存在的故障。

8.1.1 通过望远镜来观察叶片有没有发生磨损、破裂、非正常变形以及紧固螺丝发生松动等现象；塔筒有没有异常摆动、变形和螺丝发生松动等。

8.1.2 通过声音来判断，轴承和齿轮是否有异常噪声；塔筒有没有零部件发生松动与塔筒主体发生碰撞的声音。

8.1.3 打开控制柜门，来观测电气原件是否有非正常是否存在异常。

8.2 每三个月对有轴承、齿轮的传动部件，进行检查，如齿轮箱润滑脂等；保持传动部件的良好润滑。

8.3 每半年对机械刹车片进行观测，判断刹车片磨损情况，如磨损严重及时更换。

8.4 通过设备检测通讯设备的信号畅通，保证远程控制的使用。

### 8.5 注意事项

8.5.1 操作人员须经技术培训且考核合格。

8.5.2 应在停机状态下进行维护保养。

8.5.3 严禁场区放置易燃易爆品，防止引发火灾。

8.5.4 强对流天气、冰冻灾害、大风前后适当加强检查和维护。

## 9 常见故障与排除方法

9.1 叶片长时间运行，表面蒙皮开裂，叶片有磨损和侵蚀现象等，导致叶轮的效率下降，要及时进行修补。

9.2 叶片和支撑臂等固定螺栓发生松动。长期运行发生固定螺丝松动，要及时进行加固处理。

9.3 叶片由于偶遇极大阵风情况和特殊情况产生的超极限的极大载荷，发生断裂，要进行紧急制动措施，然后进行更换。

- 9.4 叶片两段端板发生破损，导致风阻加大，要进行及时进行修补。
  - 9.5 传动系统发生磨损，产生异响及异常振动，要停机进行及时处理。
  - 9.6 塔架由多段连接，并固定有维护人工爬梯等设备，这些都由螺栓固定。连接处固定螺栓可能发生松动，要及时紧固处理。
  - 9.7 塔架地基发生倾斜，如发生及时停机，对地基做加固处理。
  - 9.8 控制柜内部发现元器件运行异常，或高温、噪声等，应及时关停进行检查，以防发生烧毁现象。
  - 9.9 机组发生非正常停机，及时到现场排除故障，如有故障产生做相应处理；若经排查，无故障产生，开机启动。
  - 9.10 由于天气原因，机组发生结冰现象，要及时停机，以免引起冰溜甩出等现象，对结冰进行融冰处理。融冰结束后，重新启动机组。
  - 9.11 通讯发生中断，及时派遣通讯检修人员，检测路线和端口的连接，及时排除故障。
-