

# ××企业 87 系列 2MW 风力发电机组设计评估案例

推荐机构：中国船级社质量认证公司

认证类型：产品认证设计评估模式

认证人员：隋红霞、傅程等

## 一、案例背景

风力发电是目前可再生能源的一种比较常见的能源输出方式，但风力发电机组结构复杂，体积庞大，载荷测试和功率曲线测试等试验项目有赖于风资源，受气候的影响比较大，机组的制造成本和试验成本都比较高，而前期先进行设计评审则可以从理论上把握机组设计的可行性及安全性，从而避免机组因设计缺陷造成的经济损失，故中国船级社在这类产品的认证上提出了设计评估环节，目前风力发电机组的产品认证必须首先进行设计评审，并颁发独立的设计评估证书。

此审核项目为 XX 整机企业 87 系列 2MW 风力发电机组设计评估（低温型）。低温型风力发电机组目前我国还处于设计探索阶段，此次认证的 87 系列 2MW 风力发电机组设计评估（低温型）也是 XX 整机厂首次进行的低温型风力发电机组的认证。

## 二、审核策划及评估判断

按照本社《风力发电机组专用规则》的要求，结合本社《风力发电机组规范 2008》、《GB 18451.1-2001 风力发电机组 安全要求》、《JB/T 10300-2001 风力发电机组 设计要求》以及本社编写的《低温型风力发电机组设计评估指南》，根据此次认证机型的特点和专业的搭配，明确了审核组的专业分工及重点评估内容：

- 载荷分析：主要对规范和标准要求各种载荷工况进行核算。
- 结构强度校核及机械零部件选型：主要对塔架、机架、轮毂、主要受力螺栓等关键结构部件进行结构强度校核，对机组的机械零部件选型进行评估，并对机组的安装、维护、制造、运输及人员安全进行评估。
- 电气与控制和保护系统审核：主要对机组的控制和保护系统、电气零部件选型和机组防雷布置进行评估。

本项目特殊考虑的地方包括：载荷计算时低温的考虑、机械结构件低温材料的应用以及各部件低温措施的考虑。

### 三、主要的审核发现、沟通过程

#### 1、载荷分析

载荷分析是设计评估的基础和重要内容，它是开展结构强度分析和机械零部件选型分析的重要数据输入，载荷分析的充分性、准确性直接影响着机组其他部分设计评估工作的准确性。

依据相关规范和标准的要求，载荷分析需要考虑 20 多种载荷工况下机组各部分所承受的载荷。

XX 企业提供的载荷报告只考虑了常温条件。由于温度的高低影响空气密度的大小，而空气密度的大小影响载荷的大小，因此，对于低温型机组需要特殊考虑各种工况下年平均温度 ( $\ominus_{\text{mean, year}}$ )、风机最低运行温度 ( $\ominus_{\text{min, operation}}$ )、一年最低温度（循环周期 1 年） ( $\ominus_{\text{1year, min}}$ ) 下空气密度对载荷的影响。温度空气密度对载荷的影响如下（其它条件不变）：

|                           | 常温<br>15°C | 年平均温度<br>0°C | 最低运行温度<br>-30°C | 一年最低温度<br>-40°C |
|---------------------------|------------|--------------|-----------------|-----------------|
| 空气密度 [kg/m <sup>3</sup> ] | 1.225      | 1.293        | 1.452           | 1.514           |
| 载荷变化(低温/常温) [%]           | 100        | 105.55       | 125.11          | 154.63          |

即低温载荷最多可高于常温载荷 1.55 倍左右。

故对 XX 企业提出须考虑低温型风力发电机组的运行环境特点，按照低温条件进行相关工况的载荷计算。

#### 2、防雷保护配置

防雷保护配置的评估主要是通过对机组的防雷布置而展开的，包含机组的外部防雷和内部防雷设计，核对机组所处防雷等级和防雷保护区内具体部位的防雷措施满足设计要求。

评估发现其提交的“风力发电机组雷电保护技术规范”在偏航轴承处采用 2 根 15 米 50mm<sup>2</sup> 的铜电缆的方式实现偏航轴承处雷电流的传导。我方对此种方式进行了核算，发现虽然这段电缆满足引下线的最小截面尺寸要求，可以确保对雷

电流的引导，但是对于高频雷电流在进行雷电流传导瞬间可能会在偏航轴承上产生高电压，可能造成偏航轴承的损坏。因此，建议在此处考虑金属滑动触头、滑环或放电间隙等其他导电措施。

#### **四、受审核方主要改进方法及绩效**

##### **1、载荷分析**

企业根据我方提出的意见，按照相关标准和规范指南对低温情况下的载荷进行了重新设置、计算。发现确实部分载荷增幅很大，以致原设计的部分部件结构强度难以满足安全要求。由此厂家进行了设计更改，重新界定了设备运行环境条件，将机组的使用环境的海拔高度定为 1000-2000 米，并在机组重要技术文件及技术参数中明确标识。同时对此海拔高度下的载荷和结构计算重新进行了计算。并重新提交了载荷计算书和各结构件的结构计算报告，经过我们的核算，新的载荷计算满足低温要求，并且机组的结构部件也能够满足其载荷加载。

此次认证帮助企业确立了低温型机组载荷计算的方法，在机组设计上避免了设计误区，从设计上提高了机组的安全可靠性，避免了因设计缺陷造成的机组倒塌、断裂等破坏性事故的发生。帮助企业避免了由此导致的机组批量化后生产可能造成的大规模的经济损失。

##### **2、防雷保护配置**

企业根据我方提出的问题对偏航轴承处的防雷设计进行了更改，在偏航轴承电缆跨接处并联了金属滑块，并更新了“风力发电机组雷电保护技术规范”重新提交。经过重新审核，此种措施满足本社规范对偏航轴承处防雷设计的要求。

通过此次审核，我们帮助企业完善了其机组的防雷设计，消除了引雷时由于阻抗造成的高电压可能对偏航轴承的损坏，避免了由此可能造成的经济损失。此外，通过此次审核，企业的技术人员在考虑问题的全面性方面也有了很大的提高。