

二、***有限公司***MW 级 3 台系列化风力发电机组审核案例

推荐机构：中国船级社质量认证公司

认证类型：产品设计评估认证

审核时间：2012.03-2013.10

审核员：姜峰（组长）、马林静、张舒扬

一、案例背景

近年来，风电发展火热，多数企业为了抢占市场，投入不计成本，造成资源浪费，同时也伴随各种问题出现，如风机无法适应北方严寒或风机无法满足沿海腐蚀等。经过反思，多数企业回归理性，谨慎对待新开发风场，有的放矢，设计更适合风场特点的风机，已获得更大效益，同时强化风机对环境的适应性。故企业提出设计系列化风机理念。

系列化风机：通过对同一类型风机设计规律、使用要求的分析研究，经过全面的技术、经济比较，将风机的主要参数、零部件选配、尺寸、结构等作出合理的选取和优化，协调同类风机和配套部件之间的关系，设计出一系列近似风机。

企业通过对风场环境和风机适应范围的深入分析研究，在某基本型风机基础上，快速发展系列风机，如低温型风机，适应高寒地区；海上型，适应海上地区；高海拔型，适应高海拔地区；防风沙型，适应沙漠地区；出口型，为出口国设计机型。在市场竞争中掌握主动，获得更高的经济效益。

可见，设计合理性在系列化风机研发过程中十分关键，有必要对其进行评审，以提高风机设计可靠性。因此选取设计评估的认证模式最为合适。设计评估：对一个产品的设计文件和实物产品的设计进行评价，从设计的角度确定产品是否满足规定要求。目的是检查系列风机设计文件是否符合设计条件、指定标准和其他技术要求。

受审核方为***有限公司，主营业务包括大型风电机组设计研发、生产制造和销售服务。认证产品为***MW 级 3 台系列风力发电机组。认证模式为本社产品认证服务中的设计评估认证。

二、审核策划

本次审核包含 3 台风机，在基本型风机的基础上，一个风机变化了塔筒和叶片，另

一台变化了风机运行环境。

基本机型审核策划

对基本机型，设计评估策划流程为依据本社的《风力发电机组整机专用规则》的要求，并结合本社《风力发电机组规范》和相关标准，审核组长根据母型风机的特点和专业的搭配，成立以下 3 个独立专业组：

- 载荷专业组：假定风机生命周期所遇风况，计算风机各部件极限载荷和疲劳载荷；
- 结构强度及机械零部件选型专业组：仿真模拟，校核风机结构部件轮毂、塔架、机座等的极限强度和疲劳强度。确保变桨、偏航、轴承等机械部件满足风机使用要求。动态分析，保证风机系统不发生共振破坏。
- 电气控制和安全保护系统专业组：对机组的控制和安全保护系统、电气零部件选型和机组的防雷布置进行评审。专业组间独立审核，加强沟通，共同完成评审。

延伸机型审核策划

系列风机的之所以系列化，具备两个条件：一是内在技术上，具有相同的核心技术或共有技术；二是外在组成上，具有相同形态的构成元素。

因此对延伸系列化风机的设计评审，将在基本型风机的设计评审基础之上，对延伸变化机型采取分级处理方式，对变动部分进行对比分析，对增加部分进行重新评价。因此策划将围绕以下几个关键点展开：

1、明确风机设计评审专业范围及条款，并熟悉各专业间或专业内部局部变动对其他设计环节的影响程度。

2、与企业沟通，了解系列风机的变化程度，对各专业进行对比，明确一致部分，排除该部分工作。对延伸变动部分，采用对比分析法进行评审。

3、对延伸型风机增加的内容，将根据相关依据，对其进行评审。

三、主要的审核发现、沟通过程

基本机型审核发现与沟通

在评审风机动态性能中，复核风机运转过程中各振动源对风机是否产生共振破坏。

在评审中，发现 Campbell 图，风轮面外三个模态的频率与 3P 在额定转速 12.528rpm-14.312rpm 区间附近有交点，即机组叶片挥舞方向存在潜在共振风险。根据

规范要求，应做分析，证明在仿真中或在实际中不会发生共振或振动加剧情况。

通过与企业技术人员沟通，企业技术人员对此进行深入分析，即通过对机组转速范围 12.528rpm-14.312rpm 区间的正常发电工况载荷分析，特别对叶根挥舞方向弯矩进行自谱分析发现，3P 对叶根弯矩的谱功率贡献十分有限，考虑到叶片挥舞方向气动阻尼很大，故该交点导致叶片共振的可能性可以忽略。经我方复核计算，满足要求。

延伸机型变化部件审核发现与沟通

风机改型设计主要考虑到更换部件对其他部件带来的影响，对于改变风机叶片的延伸机型，载荷将发生变化，导致其他结构和机械部件的强度受到影响。采用对比分析法，审核延伸机型的结构和机械部件强度，要求企业对基础风机和延伸风机的结构部件和机械部件的关键载荷分量进行比对，由于基础风机的结构和机械部件已经满足要求，对基础风机的载荷分量覆盖延伸风机的载荷分量的部件可以不用评估计算。对无法覆盖的，进行安全余量分析，以确定是否需要重新复核计算。审核期间多次与企业沟通，召开专题会议，企业对该评审思路很重视，并给与积极配合。

在评审过程中，发现企业提交的对比分析报告《*** Summary of Structural Adequacy Evaluation A 版》仅对部件的复合弯矩进行了对比，没有考虑其他复合力和关键载荷的对比，未全面考核风机部件强度安全，存在风险。如轮毂仅对比复合弯矩 M_{yz} ，偏航轴承仅考虑驱动弯矩 M_{xy} 等。

与企业沟通，重点解释疏漏风险点的原因后果，企业接受并进行补充，重新提交《*** Summary of Structural Adequacy Evaluation B 版》。

对此份报告重新进行评审，发现该报告第六页，轮毂 M_x 方向载荷在两个型号风机比较中分别增大了 66.68%和 66.71%，无法覆盖基础机型的峰值载荷，且缺少相关说明，存在安全隐患。与企业进行了沟通，要求企业对轮毂重新进行结构复核，并使用大值载荷，已验证轮毂结构强度满足设计要求。企业认识到问题，重新对轮毂结构部件的进行极限和疲劳评估，补充了《FE and strength analysis of hub》报告，经评审，轮毂满足强度要求，规避风险。

延伸机组新增内容审核发现与沟通

基本机型为常温风机，延伸风机为低温高海拔风机，所以需要风机的适应能力满足多项要求，企业对此认识模糊。我方依据标准，与其多次沟通交流。要求企业增加风机对低温高海拔相关运行及证明，如对发电机海拔适应性的说明（参照 GB755 标准要求）、对低压成套开关设备和控制设备海拔测试报告（参照 GB/T 20626 标准要求）等。企业

完成各项指标，证明延伸风机可以满足低温高海拔环境的使用要求。

四、受审核方主要改进方法及绩效

通过评审基础型风机动态性能，帮助企业规避共振风险点，保证风机后期运行安全可靠。同时企业充分认识此危险源，有助于新机型研发，高效设计。

全面对比分析部件关键载荷，企业弥补设计漏洞，完善设计流程，避免设计疏漏。重新复核轮毂结构强度，保证部件安全，避免事故。同时对延伸风机变化部件采用对比分析法帮助企业减少设计环节重复工作，加快设计进度，提供工作效率。

对延伸风机新增内容的技术要求，企业完善对低温和高海拔机组设计工作流程，并熟悉设计标准，增强企业自身技术实力，为接下来研发新型号产品提供技术储备。

通过对系列化风机的评审，帮助企业加速新风机的设计，尽可能满足风场的需求；扩大风机适应性，提高专业化程度；缩短风机工艺装置的设计与制造的期限和费用，提高企业综合实力。