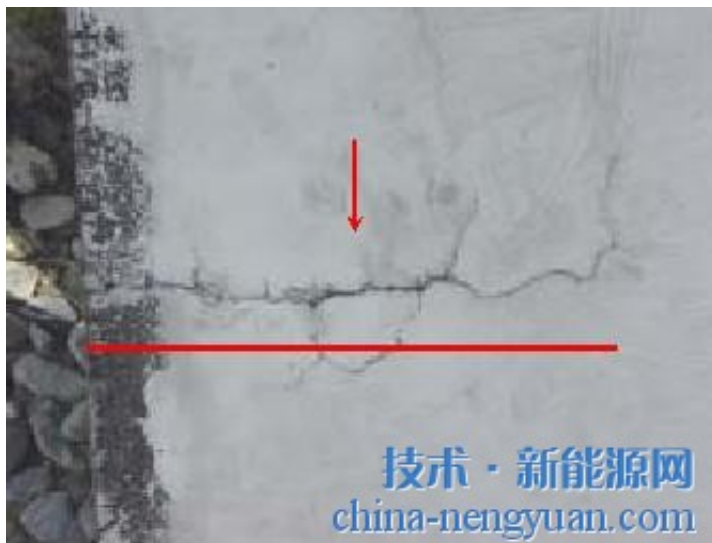


低温对风轮叶片的影响



摘要：本文描述了低温环境对失速型风轮叶片的影响，并给出了此问题的解决方法及其效果。本文主要是对过去几年中，国内外主要研究机构、制造商等对低温对失速型风轮叶片的影响研究的回顾。

0前言

没有哪个国家像中国这样，地域辽阔，纬度跨度巨大，由此带来温度的变化也是巨大的。

风力发电机组作为一种野外自然环境下的发电设备，承受的是恶劣的自然环境，并且要求风力发电机组在此环境下具有20年以上的生存寿命。

在我国风电场装机运行的风力发电机组，面临着少有的自然环境条件，比如：高低温、台风、雷击、风沙和各种腐蚀等的影响，这给风力发电机组的设计、制造、运行和维护等都带来了很大的困难。

对于风力发电机组的风轮叶片来说，由于其在风力发电机组中的特殊地位，核心部件、高昂的成本、困难的维护等，各种恶劣环境对于叶片来说，都是一种巨大的挑战。特别是低温环境，对风轮叶片的影响是巨大的。由低温诱导失速型风轮叶片产生不可预测的振动，导致叶片结构发生破坏、影响机组正常运行等。

1主要情况描述

对于定桨距失速控制型风力发电机组，如果风电场的环境温度低于 -20°C ，风速超过额定点以后(大约 $16\sim 18\text{m/s}$)，在风力发电机组正常运行过程中，会发生无规律的、不可预测的叶片瞬间振动现象，即叶片在旋转平面内的振动(edge wise vibration)，这种振动有时会发散，导致机组振动迅速增加，造成机组停机，影响机组的正常发电。同时，这种振动对叶片也是有害的，它会导致叶片后缘结构失效，产生裂纹，在叶片最大弦长位置产生横向裂纹，严重威胁叶片结构安全。

2原因分析

由于这种振动导致的后果是严重的，因此，国际上特别是欧洲几个开发定桨距失速型风力发电机组的制造商，如B onus, NEG-Micon等，荷兰的ECN、Delft技术大学，丹麦Riso国家实验室等对此投入了大量的研究土作，即欧盟的ECJOULE_ (STALLVIB)项目。

对此我们也与北京航空航天大学国家固体静动力学振动实验室进行了大量的研究和分析工作。

通过大量的计算、试验对比分析认为：摆振方向振动的根源是由于失速运行时的气动力产生的，原因是叶片失速后气动阻尼变为负值所致，它与叶片翼型的静态、动态空气动力特性，叶片的布局(叶片的几何分布)，叶片的结

构特性(结构阻尼)等有关；其次是复合材料叶片低温时其结构阻尼下降，最后导致总的阻尼下降。

同时，通过全尺寸气弹分析计算和实测比较显示，机组的支撑机构(如机舱和塔架等)特性对叶片摆振方向的振动也很重要，由于振动叶片与支撑结构交换能量，在这种交换过程中，叶片固有频率相对于机组俯仰—偏航耦合模态频率位置扮演着重要的角色。

3 解决措施

由于摆振方向上的振动是由失速运行时的空气动力产生的，气动阻尼变负，结构阻尼下降。解决此问题的主要措施就是要增加系统的阻尼，通过阻尼消耗掉这部分能量。

3.1 局部改善措施

3.1.1 增加叶片结构阻尼

阻尼是减振的最有效措施，研究表明：如果叶片结构阻尼达到5%以上时，可以有效减缓摆振方向上振动的发生。因此，最根本的办法是提高复合材料叶片结构本身在低温时的结构阻尼，由于低温对复合材料叶片结构阻尼影响较大，特别是环境温度低于-20℃时，叶片自身的结构阻尼会下降。必须利用特殊的阻尼材料提高复合材料叶片低温时的结构阻尼。

我们对此进行了大量的研究和分析工作，与北京航空航天大学国家固体静力学振动实验室进行了长期的合作，在管德院士、诸德超教授、程伟教授以及赵寿根博士等协助下，进行了大量的分析和试验工作。对不同的阻尼材料、阻尼结构、阻尼位置等对叶片结构阻尼的影响进行了大量的试验分析。最终证明：通过选用合适的阻尼材料、阻尼结构及合理的位置可以有效提高叶片的结构阻尼，范围在3%~5%之间。而且，这种形式的阻尼结构与叶片结构一起，寿命与叶片相同，且在很宽的频率范围内都有效。此技术应用在我公司600kW和750kW叶片上，实际证明是有效的。

3.1.2 改变叶片气动阻尼

改变翼型局部形状使得翼型的气动性能发生改变，来增加翼型的气动阻尼。最有效的方法是在叶片局部前缘加装失速条。这种方法可以有效降低叶片摆振方向振动，使叶片摆振方向振动延迟到切出风速以后；安装失速条后，同时也降低了风轮的功率输出。补救的措施可以利用涡流发生器来提高风轮的输出功率。

3.1.3、叶片内部加装阻尼器

也可以利用在叶片内部安装阻尼器的方式来降低叶片摆振方向的振动，这种阻尼器可以是机械的也可以是流体的。其缺点是结构复杂，而且这种结构阻尼器只能在很窄的频率范围内起作用。

3.2、总体改善措施

3.2.1、利用减振器消除机舱摆振方向上的振动

利用在机舱尾部加装机械减振器的方法消除或降低叶片摆振方向的振动，结构较复杂。NEG-Micon公司在其600kW机组上采取此种方式。

3.2.2、合理设计支撑结构

机组总体设计时合理确定支撑结构特性，以达到避免摆振方向振动的目的。有证据表明，使用同样型号叶片的不同机组，对低温失速导致的振动可以避免。例如德国Nordex公司的600kW定桨距失速型机组就没有这一问题。

4 结论

低温对失速型风轮叶片的影响是巨大的，会导致叶片结构失效，影响叶片的使用寿命，同时也影响机组的正常运行。可以通过各种措施有效地降低或消除失速型叶片摆振方向的振动。低温对失速型风轮叶片的影响应给以高度重视。

对于变桨距机组来说，机组达到额定功率以后，由于叶片变距滞后于风速变化，可能会导致叶片摆振方向的振动。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/16290.html>