

低温环境对风力发电机组的影响初探

王相明

(新疆金风科技股份有限公司)

摘要

在我国北方地区的风电场,冬季的寒冷气候对风力发电机组性能有比较大的影响。本文在分析低温条件下机组特性某些变化的基础上,以及已经取得的一些运行经验,尝试提出了针对低温条件风力发电机组设计时所应采取的针对性措施。

关键词 低温 风力发电机组

0 前言

我国“三北”地区风资源丰富,目前全国装机总容量的76%分布在这一区域。这些地区有一个共同特征就是冬季温度比较低,最低温度低于 -30°C ,低温问题是这些风电场所面临的一个共同问题。这种情况下机组的运行工况、零部件的性能、机组的可维护性等方面将发生变化,可能会造成风力发电机组超出了设计允许范围,情况严重时甚至会引起严重的安全事故。

针对低温环境的技术标准在风电行业中还是空白。大多数安装在低温地区的风力发电机组是在其标准设产品设计的基础上,采取一些专项的技术改进措施,期望能保证机组的正常安全运行。根据国外一些报道,根据在加拿大北部一些风电场的经验,这些措施起到了一定的作用,但要达到预期要求还需要进行更多富挑战性的创新工作[1][2]。

我国的气候条件与欧洲和北美地区存在巨大的差异,实际情况表明简单照搬国外的做法未必能达到理想的目的,何况目前风电行业还比较缺乏在低温条件下的成功经验。本文在总结金风科技近年来在我国北方风电场的安装、建设以及维护经验的基础上,从风力发电机组的出力特性变化、对零部件性能的影响以及运行维护等方面,对某些低温影响因素进行了初步探讨和分析,抛砖引玉,期望能有更多的业内人士关注研究风力发电机组的低温问题,提高我国风电技术应用和开发水平。

1 低温条件下风力发电机组出力特性的变化

我们知道，风力发电机组风轮的输出功率 P 与风轮的气动效率 C_p 、空气密度、风轮的扫风面积 A 以及风速 V_w 之间的关系可用下式表示：

$$P = c_p \frac{\rho}{2} A V_w^3$$

显然，随着冬季温度的降低，空气密度将增大。风力发电机组特别是失速型机组的额定出力将增加，可能出现过发过载现象；夏天气温上升，空气密度将下降，将导致机组的出力下降，应有的效益不能完全发挥。特别是在冬夏温度变化比较大的地区，需要对影响出力的叶片安装角等参数进行优化设置和必要的处理，尽量降低因空气密度变化带来的不利影响。

另外一个不容忽视的因素是叶片翼型的气动力也受到表面粗糙度和流体雷诺数的影响。冬季容易出现雾凇现象，叶片表面“结晶”，粗糙度增加，会降低翼型的气动性能；另外在某些特殊天气如风雪交加的条件下，空气的粘性作用和雷诺数将发生很大变化，翼型的最大升力系数和失速临界攻角等特性均会发生较大变化[3][4]。这些现象和对机组的长期影响有待于进一步研究。

2 低温对主要零部件的影响

客观上因为低温的应用范围毕竟有限，此类设备的经验和知识远没有常温和高温环境那样受到广泛的关注。不同种类的零部件受低温的影响是不同的，对于金属机件应根据承受载荷的形式予以区别对待。例如传动系统中的齿轮箱、主轴等，承受冲击载荷，这类零部件需重点防止低温时的脆性断裂，提高材料和机件的多次冲击抗力。材料的化学成分、冶炼方法、晶粒尺寸、轧制方向、应变时效以及冶金缺陷等是影响冲击韧度和冷脆转变温度影响的主要因素，需要在设计时认真对待。采取适当的热处理方法（淬火 + 中文回火）能显著提高材料多冲抗力，避免应力集中，表面冷作硬化和提高零件的表面加工质量等措施均能提高多冲载荷下的破断抗力[5]。当然避免在低温情况下出现较大的冲击载荷也是非常关键的，例如在风速较高时机组频繁投切启动，紧急制动等工况对机组的影响是非常不利的，应在设计上采取措施降低此类情况发生的概率。

承受循环载荷的部件如机舱底板和塔架，一般是大型焊接件，此类零件在高

寒地区环境温度下存在低温疲劳问题。大量试验结果表明,几乎所有的金属材料的疲劳极限均随温度的降低而提高,但材料的缺口敏感性增大[5]。因此,焊缝将成为影响低温疲劳强度的关键环节。焊缝的抗疲劳能力主要取决于焊接质量和焊缝型式,如果焊缝中存在大的缺陷,非常容易引起低温脆断破坏。根据这个观点,在考虑低温型塔架的设计选材时,如果过分强调材料的低温冲击性能,选择D等级甚至E等级的钢,而焊缝仍按常规设计处理的话,很难说能达到希望的结果。这种过高地追求韧性而采用价格贵的钢种显然不经济。实际上在我国低合金结构钢16Mn及Q345C(GB/1591-1994)低温性能和焊接性能好,用途广泛、大批量生产、质量稳定可靠,已广泛应用在重要的大型焊接结构和设备上。选择这个等级的钢材制作塔架等结构件能够满足我国低温环境的要求,但应针对焊缝采取必要的防止低温脆断技术措施,包括避免焊缝应力集中,采取预热和焊后热处理改善焊缝、热影响区、熔合线部位的性能,避免未焊透,加强无损探伤检验,定期检查等技术措施,保障设备的安全工作。

复合材料如玻璃纤维增强树脂具有较好的耐低温性能,选用适合低温环境的结构胶生产叶片,就能满足叶片在-30℃运行的要求。但是需要注意由不同材料制作的机构,由于热膨胀系数不同,常温状态下装配正常,但在低温时配合状态会发生变化,可能影响机构的正常功能,需要在设计时予以充分考虑。

一般电子电气器件功能受温度影响较大,选用耐低温的元器件成本昂贵甚至无法做到。但可以采取在柜体内加热,保持局部环境温度的方法,实践表明这一方法简单有效。

风力发电机组所使用的油品受到温度的影响也比较大。一般要求润滑油在正常的工作温度条件下需具备适当的粘度以保持足够的油膜形成能力,但另一方面温度越低,油的粘度越大。例如目前普遍采用的Mobilgear SHC XMP320润滑油,40℃粘度为320cSt,倾点-38℃,低温时油的流动性很差,机组在这种情况下难以运转,需要润滑的部位可能得不到充分的润滑油供给,这会危及设备的安全运行!可以通过加热使油温维持到正常水平。若采取直接加热方式需采取措施使被加热油保持流动,否则加热效果不均匀,可能造成其他不利影响。

基础需要考虑的低温影响主要是冻土问题。冻土中因有冰和未冻水存在,故在长期载荷下有强烈的流变性。长期载荷作用下的冻土极限抗压强度比瞬时载荷

下的抗压强度要小很多倍，且与冻土的含冰量及温度有关，这些情况应在基础设计施工时进行考虑。冻土层基础的要求可参考 JGJ118-98《冻土地区建筑地基基础设计规范》。

3 结束语

随着风力发电事业的发展，我们应越来越重视低温对风力发电机组的影响问题。因为低温的影响有利有弊，不能直接把常温下所得到的经验和方法进行简单移植，应该根据设备的低温使用条件，对每种材料/载荷工况进行独立的考虑。目前非常有必要投入更多的力量，研究适用于低温环境条件的风力发电机组技术标准 and 设计规范，从设计的源头做起，才能有效控制和降低技术风险，促进行业的健康发展。

参考文献

1. Windpower monthly, June 1996: DESIGNING FOR ARCTIC SURVIVAL
2. Wind power monthly, September, 1996: Unfair comparison of cold weather
3. Erich Hau, Windturbine, 2000
4. 贺德馨、张维智，风力机翼型大攻角气动力手册，1988
5. 机械工业出版社，机械工程手册，第二版