

风力发电机直击雷防护特点

前言：

风力发电是新能源产业中的重要组成部分，截至2007年的时候全球风电装机容量已经突破9万MW，我国预计到2010年风电装机容量将达到2000万KW，年发电量为400亿KW·h。可见，未来几年风电产业将成为国内的支柱产业，也将带动一批相关的上下游产业的高速发展，防雷也将成为重要的组成部分。

1. 风电防雷系统的组成

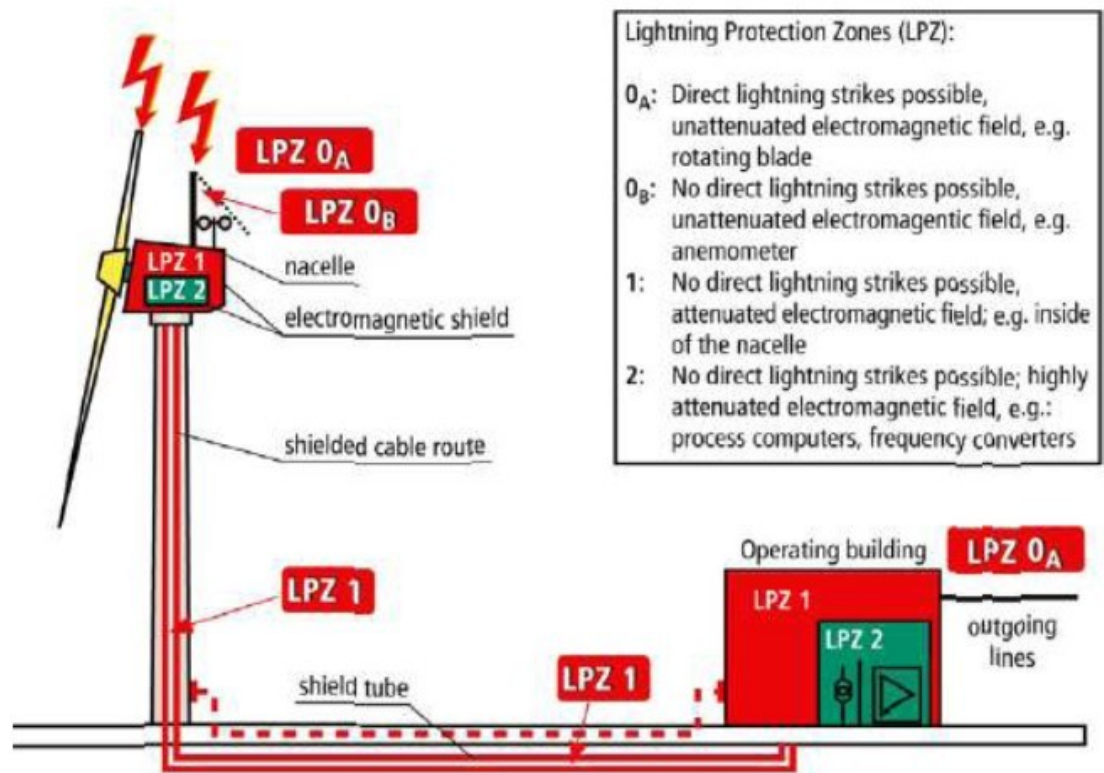


图 1. 风力发电机组的防雷分区

针对风力发电机组的防雷，按照风力发电机的结构特点可分为直击雷防护和雷电电磁脉冲防护两部分，

1.1 风力发电机的直击雷防护

- 1) 叶片的直击雷防护
- 2) 机舱及塔桶的等电位链接
- 3) 风机的接地设计

1.2 风力发电机雷电电磁脉冲防护系统的组成

- 1) 电控系统的雷电电荷防护
- 2) 信号控制系统的雷电电磁脉冲防护
- 3) 等电位及屏蔽防护

根据以上的分类，本文重点介绍其直击雷系统的防护。

2. 风力发电机组叶片的防雷

从图1可见，风力发电机组中最高部分就是叶片的最高高度，当叶片运行到最高高度时，即可视为避雷针形成引雷通道，是目前全球范围风力发电机遭雷击破坏影响最大的一种情况。对于风力发电机的叶片防雷，全球各风电设备制造厂商都采取了不同的防护措施，也都取得了一定的效果，对于目前行业中风电叶片的防雷措施本文也会做一下简单的

比较。



图2叶片的雷电放电测试

2.1 叶片的结构

目前，风力发电机组的叶片都是有符合材料制成的大型中空结构，如比例纤维曾倩的复合材料GRP(玻璃钢材料)，木材、复合板材和碳纤维增强塑料(CRP)、碳纤维增强塑料(CRP)一般用于加强叶片的结构或特殊元件(如：带翼尖失速制动装置)的叶片变桨轴。早些时间，有些观点认为雷电不会击中绝缘材料制成的叶片上，可是，实际的运行经验彻底的打破了这种观点，事实上，雷电会击中没有任何金属材料的叶片上，而导致整机的火灾。

图3叶片遭雷击后形成的火灾



2.2不同叶片的特点

根据叶片的控制和制动方式不同，风机的叶片可分为以A、B、C、D四种类型。

2.2.1A型叶片的特点

A型叶片浆前缘外部的一个副翼作为制动翼,对于这种叶片雷电雷击点较多的出现在钢折板的铰接处,由于控制折板的钢丝没有足够的同流能力,造成控制折板的钢丝熔断;

图4.不同系统中的叶片

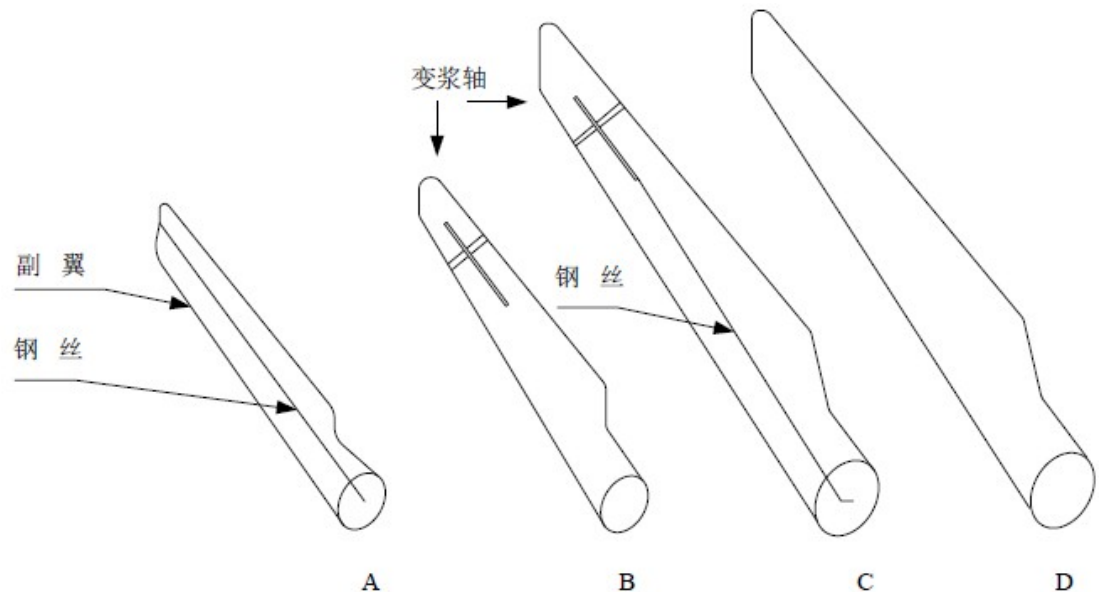


图 4.不同系统中的叶片

2.2.2B型叶片的特点

相对于A型叶片,B型叶片在制动上采取了叶尖制动的方式,而这种制动方式同时把叶尖作为雷击的接闪点,当雷电通过叶尖接闪后雷电电弧从叶尖点开始到主轴与叶片的链接法兰之间形成电弧,这种电弧将造成叶片的整体爆裂,目前这两种叶片基本上已经淘汰,目前仍在使用的的基本是老式的100KW以下的风力发电机。

2.2.3C型叶片的特点

这种叶片是目前行业中常用的一种新型叶片,它与B型叶片相似,与B型叶片相比,这种叶片造成的电弧张力相对损失会更严重,为了避免这种情况,17米的叶片内部使用的钢丝直径都大于10mm,由于加强了钢丝的通流能力,所以这种叶片在遭雷击后较少出现整个叶片爆裂的情况。

2.2.4D型叶片的特点

D型叶片是完全的非金属材料制成的,有试验表明,这种非金属材质的叶片在运行一段时间后,由于表面的污浊和盐雾侵蚀叶片的表面等效于导体材料,这种叶片也会经常遭到雷击。

2.3叶片遭雷击后的损坏机制

叶片遭雷击的典型后果是叶片的开裂,复合材料表面的烧灼损坏,或者有金属部件的烧毁及融化,而对于雷电在叶片内部形成电弧时,对叶片的损坏最为严重,当雷电击中叶片后叶片内部中空空气会迅速膨胀,这种膨胀可能是由于叶片内部的残留潮湿空气或者瞬间高温产生的空气膨胀,瞬间的压力冲击会是整个叶片爆裂,严重时压力波会通过轮毂传导到没有遭雷击的叶片上,而引起连锁的损坏。避免雷电击中叶片后形成的内部压力的最好办法是将雷电通道屏蔽在叶片的外部,或者减小雷电对叶片的冲击压力,当叶片外部的雷电散流面积足够大时,对叶片的损坏相对会减小很多。

2.4各种风力发电机的叶片防雷措施

目前,叶片的防雷主要的做法是将叶片上的雷电流引至轮毂处,通过轮毂与塔桶的等电位联接系统将雷电流泻放,避免叶片的损坏。主流的方法有两种,一种是在叶片的表面或内部安装金属材料将电流从叶尖引至叶根通叶片轮毂的联接泻流;另一种是在叶片表面添加到点材料,使雷电流在叶片表面传导,避免叶片的损坏。

2.4.1叶片表面或者嵌入叶片表面的接闪器

在叶片表面安装扁气或者引下线的金属避雷线必须有足够的截面积能够承受雷击电流,并且能够安全传导,一般使用的铝质避雷线的截面积为50mm²,但是如何将避雷线牢固的固定在叶片上也存在一定问题,安装在叶片表面的避雷线很可能因为叶片在转动的过程中影响叶片的空气动力学特性脱落或者产生噪音,用铜或铝的避雷线或者网制作成的嵌入叶片的避雷带,严格的将是避雷线从叶根到叶尖的表面的联接,或者是包裹这个叶片的前缘和后缘。

图5.不同叶片的防雷措施

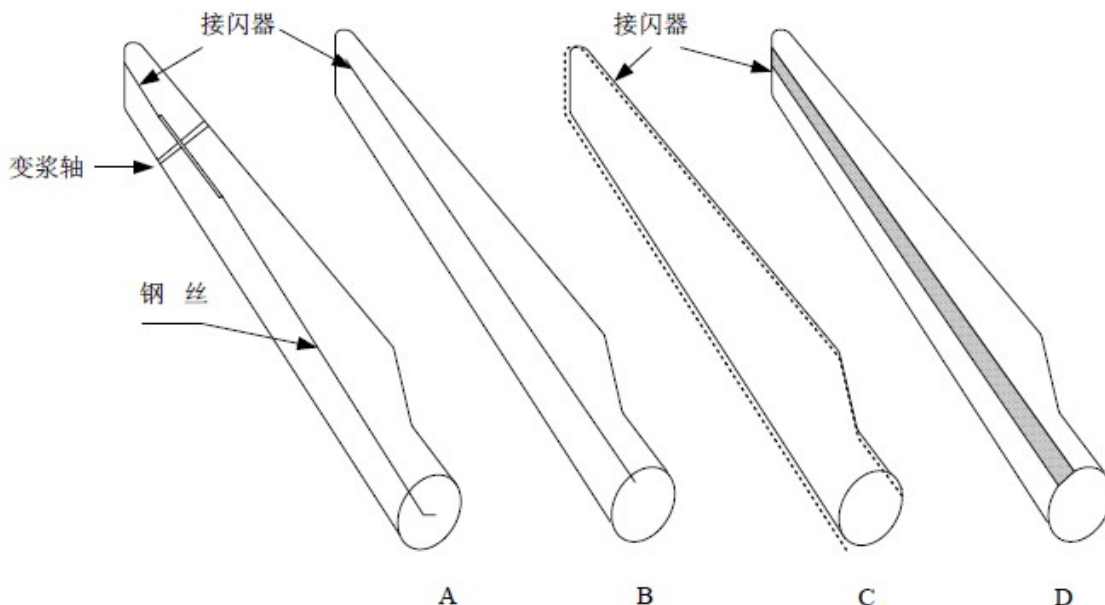


图 5.不同叶片的防雷措施

2.4.2 粘贴金属箔和分段式避雷带

在国外有些风力发电机的叶片防雷处理中使用了一种在叶片表面粘贴铝箔的方式,这种方式唯一的问题就是无法长时间可靠固定,在粘贴几个月后就会脱落,如果能够解决固定的方式,达到使其长期可靠的固定,这种方式将成为以后总有效且成本低廉的有效措施,并且可以解决现有风力发电机叶片没有防雷措施的问题,分段式避雷带的提出是基于飞机用雷达天线罩的试验,试验表明安装在机翼上的分段式避雷带不会对雷达天线造成干扰,但是成用的应用于风力发电机的试验报告目前行业中尚没有可靠的试验数据,目前仅在丹麦的一些风力发电机上进行可行性测试。

2.4.3 内部引下线(内嵌式避雷线)

这是一种传统的叶片防雷措施,主要是就爱那个足够面积的金属线预制在叶片中,在叶片的尖端流出特制的金属接闪器,但唯一的问题是当叶片的长度超过20m时这种方式就会引叶片内部的金属线发上电磁张力而造成叶片的损坏。

2.4.4 叶片接闪器的拦截效率对风机雷电电磁脉冲防护的影响

对于采用固定在叶片表面的不连续的接闪器,要考虑其拦截效率。(防雷装路拦截效率 $E=1-N_c/N$)通过对直接雷的拦截效率计算,推导风力发电机电控系统可能产生的雷电电磁脉冲的预期冲击后果,在进行电控系统的雷电电磁脉冲系统防护设计时具有针对性的进行电涌保护器的选型选择。

3. 风力发电机组的接地设计

风力发电机组的防雷接地目前是由各风电设备厂家自主提出的一个参数要求,目前,国内的金风、东汽、华瑞和海装等风机制造企业提出的风力发电机接地电阻一般在2Ω和4Ω,国外品牌中维斯塔斯、Gamesa公司一般推荐2Ω的接地电阻要求,风力发电机组的接地网设计不是孤立的,谈到风力发电机组的防雷就需要结合风场的规模,地质条件和气象条件进行整体考虑,此外,风场的接地需要结合风机的布点适当的进行联合接地,而不是一味的要求全部风场的风机实现大联合地网的设计,往往设计院对风机的接地设计局限于单机的设计,而单机的接地电阻有由于高土壤电阻率和恶劣的地质条

件而无法实现。所以,结合风机的布路适当的进行小范围的地网联合是有必要的.此外,对于风电升压站的防雷接地需要按照电力相关标准对升压站的防雷规范进行设计。本文不再赘述。

结束语:

风力发电机组的防雷是近两年被风电行业提到议事日程上的,目前对于风力发电机的防雷国内,从雷电电磁脉冲上的防护产品基本上都是进口产品为主,直击雷系统也仅仅是风电场的接地,较早期间,风电场的接地一般都是电力产测设计院设计,但是今年风电公司发现按照电力设计院的一般性设计往往无法满足风机设备厂商的要求,所以对于国内的防雷企业而言,风电的接地是风电行业带动防雷产业的一个切入点。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/6366.html>