

# 风电场对电磁环境的影响分析

吴彪,周宁,韩朝晖

(61226 部队,北京 100079)

**摘要:**介绍了目前国家的风电发展规划以及风电场的建设现状,分析了风电场对电磁环境产生影响的潜在危害,并针对风电场电磁环境影响评估的薄弱环节,提出了基本的评估要素、方法和流程,给出了风电场工程规划过程中避免或减弱电磁环境影响的几点参考建议,最后总结了电磁影响评估工作在风电场规划建设中的作用及意义,从而可以为风电场的建设规划论证及电磁环境保护提供非常重要的借鉴作用。

**关键词:**风电场;电磁环境;影响分析

中图分类号:O441.4

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2016)02-0006-04

## ANALYSIS INFLUENCE OF WIND FARM ON THE ELECTROMAGNETIC ENVIRONMENT

WU Biao,ZHOU Ning,HAN Zhao-hui

(ESECC, Beijing 100079,China)

**Abstract:** The current state of wind power development planning and the construction of wind farms are introduced, and some potential hazards from wind farm that affect the electromagnetic environment are analysed. Aiming at the weak link in the electromagnetic environment impact assessment of wind farms, puts forward the basic assessment elements, methods and processes, and some suggestions are given to avoid or weaken the influence of electromagnetic environment in the process of Wind farm project. Finally summarizes the electromagnetic influence evaluation in the role and significance in wind farm planning, and this work can provide very important reference value for the planning of wind farms and environmental protection.

**Key words:** wind farm; electromagnetic environment; Analysis influence

风能作为一种可再生能源,具有安全、清洁、无污染的巨大优势,因而也是世界各国重点发展的能源。我国也非常重视风电产业的发展,并制定了《风电发展“十二五”规划》,为国家的风电发展制定了详细的发展道路及发展目标,推动了风电建设项目的进一步发展。据统计,截至 2013 年底,我国风电累计装机容量为 91.4 GW,累计并网容量 7 716 万千瓦,占全国总发电量的 2.6%,继续保持全球第一大风电市场的地位。

但是随着风电场建设项目的发展,风电场对环境的影响也逐渐表现出来,它所产生的电磁辐射可能会抬高地区电磁环境的背景噪声,它自身的大尺寸结构也可能对电磁信号产生遮挡和反射影响,致使用频系统效能难以有效发挥,尤其是在重点地域或重点海域。因此,风电场在规划建设过程中要充分考虑对电磁环境以及用频系统的影响,否则将会给国家经济建设以及国防建设带来无法弥补的损失。

### 1 电磁环境影响评估的必要性分析

在国内风电场的建设规划论证阶段,一直缺

收稿日期:2015-10-11

第一作者简介:吴彪,男,1980 年 9 月出生,工程师,主要研究方向为无线电管理。

乏风电场建成后对电磁环境及用频系统的影响评估和论证,尤其是在东南沿海地域及海域,风电场的建设将可能给雷达系统造成严重影响,主要影响包括电磁辐射引起背景噪声抬高、遮挡衰减带来探测盲区增加和反射回波造成虚假目标增多等方面,从而影响雷达系统的工作性能。目前,我国在风电场影响电磁环境及用频系统性能方面的研究一直比较滞后,主要体现如下:一是对风电场影响电磁环境及用频系统性能所产生的后果预估不够,关注程度严重不足;二是缺乏专门的职能部门去管理和指导该项问题研究,协调机制不够;三是国内研究水平严重滞后,和国外的研究进展相差很大;四是缺乏研究的技术手段、缺少综合的分析方法和专业的分析工具。

相关部门应该从职能定位入手,将该项工作纳入相应业务范畴,从技术层面大力开展风电场对电磁环境及用频系统的评估问题研究,提出科学有效的评估方法体系和流程,突破关键技术,构建基于理论计算、电磁仿真、实装验证于一体的综合分析手段,并将之应用于风电场实际工程建设的论证中,避免或尽量减少风电场对电磁环境及用频系统的影响。

## 2 风电场对电磁环境的影响因素分析

由于风电场具有占地面积广、风机尺寸大和风电叶转速高等特点,它对电磁环境及用频系统的影响,主要体现在以下几个方面。一是辐射影响,主要指风电场中的风电机和变电站在工作时有可能产生无意辐射的电磁波,造成某些频段或全频段背景噪声的抬高,使得风电场周边电磁环境恶化,从而引起用频系统的灵敏度降低,系统性能下降;二是遮挡影响,对于雷达系统来讲,当雷达波束照射到风电机时,由于风电机高度和宽度都较大,因此会给雷达信号造成遮挡,使雷达信号产生一定的衰减,不停旋转的涡轮将会同样使得雷达的波束受阻,这些影响最终会使雷达在探测距离、角度和高度上形成一定盲区,造成雷达性能的降低。三是反射影响,主要指风电机对信号的反射可能会给雷达系统造成虚假目标影响,由于风电机尺寸很大,而且叶片旋转会产生多普勒效应,雷达波束照射上去时会形成较强的杂波信号,有可能会抬高杂波电平造成雷达漏警,也可能使雷达误判产生虚警,并且由于风电场分布区域较广,因

此可能在雷达显示器形成大片的亮点,使得雷达无法正确识别出敌方目标,甚至在风电场离雷达很近的情况下,所产生的强反射回波还有可能会造成雷达接收机的阻塞,直接影响雷达系统的正常工作。因此在研究风电场对电磁环境及用频系统的影响时,应主要从辐射影响、遮挡影响和反射影响三个方面开展分析和评估;

## 3 风电场对电磁环境的影响分析方法

### 3.1 辐射影响分析方法

风电场的电磁辐射影响主要是由风电场中的风电机或变电站产生的,由于风电机的内部结构很复杂,产生电磁辐射的原因也难以确定,因此很难通过理论计算的方式开展分析,只能采用实测分析方法。另外,由于影响评估分析是在风电场规划建设阶段开展的,分析对象并没有实际建设,因此实测也只能针对已建成且地域相近、型号相似的风电场设备开展实测。另外,辐射影响的实测分析也具有一定通用性,尽管不同的风电场在规模、位置和分布上会有所不同,但其风电机的结构、尺寸和工作原理是基本相同的,因此所产生的电磁辐射也不会有太大的区别,所以对同一类地形的辐射影响实测分析结果是可以相互借鉴和参考的,也可以将不同地形的电磁辐射实测结果建成通用数据库,比如海上、山地、丘陵、平原、高原等,直接为以后的电磁辐射实测分析提供基础数据支撑。

### 3.2 遮挡和反射的影响分析方法

风电场对电磁环境及用频系统的遮挡和反射影响是最重要的影响因素,也是需要重点分析的

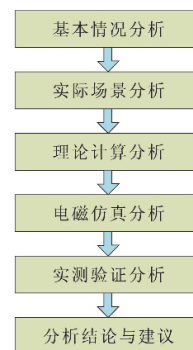


图1 遮挡和反射影响分析的基本流程

内容。目前国外在这方面的研究也比较多,具有一定的理论基础和仿真手段,为此,课题组在借鉴国外研究经验的基础上,以雷达系统为主要对象,提

出了一套集理论计算、电磁场仿真、实测验证于一体的精细化和科学化的分析方法和流程,主要包括基本情况分析、实际场景分析、理论计算分析、电磁仿真分析、实测验证分析及分析结论与建议,如图1所示。对遮挡和反射影响的综合分析工作可以由一个部门统一完成,也可以由多个部门或军地双方共同完成,保障整个分析工作能够有序开展。

## 4 风电场工程规划中避免电磁环境影响应把握的几个问题

### 4.1 风电场规划论证方面

对电磁环境及用频系统影响的评估工作尽量要在论证早期介入,否则在后期开展时,如果评估结果较差,会给用频系统带来严重影响,那么整个风电场的建设方案可能会被全盘否定,给风电场的工程建设论证造成不可估量的损失。因此,在风电场规划论证中,需要将方案设计和影响评估同步展开,在风电场的选址、布局及风机型号选择等前期工作中就开展影响评估工作,最终才能确保风电场建设方案不会对电磁环境和用频系统造成严重影响,从而可以保证风电场规划论证工作的顺利开展。

### 4.2 辐射影响方面

陆上风电场主要考虑距离雷达站的距离,一般要求风电场中所有风电机都要远离雷达站2 km以上,包括发电机和35 kV 厢式变压器,而110 kV 或220 kV 的升压站与雷达站的距离需要更远。海上风电场一般距离雷达站较远,基本不会对雷达站产生辐射影响,需要重点考虑的是对风电场周边航线或航道中舰船上的用频系统产生影响,因此海上风电场要尽量远离航线和航道,避免辐射影响。另外,海上风电场对附近电磁环境及用频系统的影响程度还需结合大量的实测数据进行分析 and 评估,进而给出具体的限定要求。

### 4.3 遮挡影响方面

陆上风电场中的风电机一般间隔较远,而且分布不均,因此采取逐个分析方法,主要考虑因素是风机高度和距离两个方面,一般遵循以下规律:一是在风机与雷达站距离不变的情况下,风机高度越低,遮挡距离越小,遮挡阴影角度基本不变;二是在风机高度不变情况下,风机距离雷达站越

近,遮挡影响距离越小,遮挡阴影角度越大,反之风机距离雷达站越远,遮挡影响距离越大,遮挡阴影角度越小。因此,在避免遮挡影响方面,尽量降低风机高度是主要方式,一般可以通过以下三种方式实现:一是选用高度低的风机型号;二是尽量选择低海拔的位置;三是尽量选择在背离雷达站的山峰后面。在遮挡影响的距离因素方面,由于距离的远近分别会对遮挡距离和遮挡阴影角度产生相反的影响,因此需要权衡考虑,选择距离合适的位置。在海上风电场中,由于是区域部署,且分布一般比较均匀,因此采用边界分析方法,即主要分析海上风电场四周边界点上的风电机影响情况,其它风电机的影响基本在边界分析范围内。海上风电场由于都是建在海面上的,风机高度基本一致,因此需要重点分析与雷达站的距离因素,一般遵循以下规律:一是雷达站越高,遮挡影响越小;二是风电场距雷达站越近,遮挡距离越小,遮挡阴影角度越大;三是风电场对远距离目标遮挡时,地球曲率影响较大。由于海上风电场的区域一般比较固定,难以调整,因此减少遮挡影响的主要方法是调整风电场的布局,主要思路是沿雷达站方向进行选点布设,能够大大减小风电场形成的阴影角度个数。另外,海上风电场对雷达系统的影响评估受海水、海浪等气候条件的影响将会比较严重,因此需要在以后的工作中开展专项研究,以实测验证和实装影响分析为主,通过深入研究提出更加符合实际情况的评估方法和方案修改建议。

### 4.4 反射影响方面

陆上风电场对不同功能雷达的影响也将不同。对于对空雷达,从天线旁瓣进入雷达的风电场反射信号可能会造成漏警或虚警;对于对海雷达,由于地形杂波的盲区影响,基本不会存在虚假目标影响,只需分析近距离的阻塞影响,因此在高度遮挡允许的情况下,陆上风电场与雷达站距离要尽量远些;海上风电场由于距离雷达站一般较远,基本不会造成阻塞影响,只需分析雷达显示器上的虚假目标影响。对于海上风电场在雷达显示器的虚假目标影响主要考虑以下两点:一是海上风电场内的目标探测是否会受到风电场虚假目标的影响,这还需要结合风电场所在海域的位置重要性进行分析;二是海上风电场周边的目标可能会

受到风电场在雷达显示器上所形成亮点的影响。因此,海上风电场对雷达的反射影响程度还需结合实装进行深入的分析和评估,给出更加真实可靠的反射影响评估结论。在避免反射影响方面,还有一个重要的考虑因素是采用优良的风电机吸波材料和先进的结构设计,将风电机对雷达信号的反射能力降到更低的水平。

#### 4.5 雷达因素方面

可以通过升级改造雷达提高性能、研制专用雷达去除杂波以及重新部署雷达进行补盲等方式,达到避免或大大降低风电机影响雷达系统性能的目的,当然这些解决途径必须具有相应的军地协调机制和管理办法才能实施,因此还需要国家层面的统筹和协商。

### 5 影响评估工作在风电场规划建设中的意义

#### 5.1 影响评估工作是风电场规划建设的重要指导

风电场评估工作所得相关结论建议和规则标准,可以用于指导风电场在建设论证中进行科学规划,合理部署,使风电场的规划建设在起始阶段就可以完全避免对电磁环境及用频系统的影响,减少风电场后续论证评估的阻力。

#### 5.2 影响评估工作是风电场建设方案设计的技术保障

风电场在建设论证起始阶段如无法完全避免对电磁环境及用频系统的影响,则需要在规划论证中进行建设方案优化设计,采取各种手段和技术措施尽量减少风电场的影响,因此需要风电场评估工作的大力支撑。

#### 5.3 影响评估工作对风电场建设影响举足轻重

评估工作对于风电场的建设具有非常重要的影响,可以推迟或直接否决投资巨大的风电场建设项目,如已建项目发现对重要武器系统影响比较严重,可能会导致风电场的搬迁或拆除,造成国家经济的巨大损失。另外,评估工作也可促进风电机产品的更新换代,使新型风电机能够减小对雷达信号的影响。因此,尽管该项工作可能对于风电规划建设带来一定影响,但反过来也是促进风电规划建设进一步科学规范发展的重要保证。

#### 5.4 影响评估工作是风电场规划论证工作的有效完善

风电场在规划论证中涉及的内容非常多,对环境的影响评估内容也已涉及范围很广,如对气候、渔业、海洋资源、噪音、旅游等方面,但对电磁环境及用频系统的影响这一非常重要的方面基本处于空白,关注度不够,因此积极开展该项工作能够弥补风电场论证工作的不足,使风电场的论证评估内容更加完善。

#### 5.5 影响评估工作是风电专业标准发展的重要推力

风电场的相关行业标准也比较多,包括一些对环境影响的专项标准,但同样缺乏对电磁环境及用频系统影响方面的行业标准,因此可以从风电领域提出相关的标准,以指导和规范风电场的规划建设,确保不对电磁环境及重要用频系统产生影响。

### 6 结束语

在我国风电能源的发展规划中,风电场建设数量将越来越多,涉及地域也将越来越广泛,尤其是海上风电场的建设规划更是发展潜力巨大,而且海上风电发展一般都处于东南沿海地区,无疑会给电磁环境及用频系统带来无法估量的潜在危害,对此各方都要引起足够的重视。因而,在风电场工程论证初期就要启动电磁环境评估工作,并重点依托专业技术部门及用频系统使用部门一起推动评估工作的开展,首先从技术层面着手研究,深入分析机理,完善分析方法,着重实测验证,行政技术结合,保证风电场对电磁环境影响评估结果的准确可信和科学有效,从而为风电场工程建设的规划论证工作提供重要支撑。

### 参考文献

- [1]魏科技,王伟,周训华等.风力发电场环境影响评价分析[J].环境科学与管理,2013,38(2):168-172
- [2]刘克中,张金奋,严新平等.海上风电场对航海雷达探测性能影响研究[J].武汉理工大学学报,2010,34(3):561-564
- [3]孙春顺,王耀南,李欣然等.风力发电工程对环境的影响[J].电力科学与技术学报,2008,23(2):19-23
- [4] Lemmon, J.J.; Carroll, J.E.; Sanders, F.H.; Turner, D. Assessment of the Effects of Wind Turbines on Air Traffic Control Radars; Technical Report, TT-08-454; Department of Commerce, National Telecommunications & Information Administration: Washington, DC, USA, 2008