

# 全球气候变化背景下灾害性天气变化 及对海上风电的影响

葛珊珊, 张 韧

(解放军理工大学气象学院, 南京 211101)

[摘要] 全面研究了我国灾害性天气状况,并基于已有的研究成果分析了全球气候变化的特点、驱动因子以及变化趋势,进一步探讨了气候变化背景下我国极端天气的响应。随后分析了海上风电场建设的气象和水文影响因素与潜在风险,特别强调了海上风电场应注意的防台风问题。

[关键词] 全球气候变化;灾害性天气;海上风电场

[中图分类号] TK81 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2010)11-0071-07

## 1 我国灾害性天气概况

气象灾害一般可分为天气灾害和气候灾害,天气灾害是指某一次具体天气过程造成的灾害;气候灾害是指气候异常所造成的灾害,引起天气灾害或气候灾害的天气气候系统称为灾害性天气气候<sup>[1,2]</sup>。

我国位于世界最大大陆——欧亚大陆东南部,西部是全球海拔最高的高原——青藏高原,东临世界第一大洋——太平洋。幅员辽阔,人口众多,地形复杂,生态环境脆弱,季风气候明显,冷暖、干湿变化复杂多样,是世界上灾害性天气的多发区。我国灾害性天气气候包括:台风、雨涝、雷电、干旱、高温、沙尘暴、寒潮、大风、低温冷害、雪灾、冰雹、霜冻、雾、霾、酸雨等,具有种类多、范围广、频率高、持续时间长、群发性突出、引发灾情重等特点。我国灾害性天气气候的区域分布明显,东部季风区冬半年多寒潮、大风和低温霜冻以及干旱灾害;夏半年则多遇雨涝、高温伏旱和台风灾害;西北常年气候干旱,春季大风及沙尘暴发生最为频繁;青藏高原大风和雷暴、冰雹等强对流天气特别多见;西南地区地形复杂,干旱和暴雨是主要灾害。在各种自然灾害的直接经济损失

中,气象灾害最重,约占70%以上。20世纪90年代以来,我国平均每年因各种气象灾害造成的农作物受灾面积约 $4\ 800 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ,其中以干旱影响的面积最大,占总受灾面积的49.8%,其次为雨涝灾害,占26.1%,风雹灾害占10.4%,低温冷冻和雪灾占7.5%,台风占6.2%。气象灾害年平均死亡人数为4 427人;年平均直接经济损失达1 810亿元。随着我国经济的快速增长,财产密度增加,特别是受全球变暖为主要特征的气候变化的影响,异常天气气候造成的损失也呈明显增加的趋势,给国家可持续发展带来很大的威胁<sup>[3-5]</sup>。

### 1.1 热带气旋

热带气旋是发生在热带或副热带海洋上的气旋性漩涡,在北半球沿逆时针方向旋转,在南半球沿顺时针方向旋转。气旋不但形成狂风、巨浪,而且往往伴随发生暴雨、风暴潮,造成严重的灾害。

影响我国的热带气旋大致有3条主要路径:一是西北路径,热带气旋从源地(指菲律宾以东洋面)一直向西北方向移动,大多在台湾、福建、浙江沿海登陆;二是西移路径,热带气旋从源地向偏西方向移动,多在广东、海南一带登陆;三是近海转向路径,热

[收稿日期] 2010-07-23

[基金项目] 中国工程院咨询项目“我国海上风电场建设重大工程问题研究”(2008-XZ-05)

[作者简介] 葛珊珊(1981—),女,江苏淮安市人,解放军理工大学讲师,主要从事GIS与气候变化及气象灾害评估研究;

E-mail: gssnnu@gmail.com

带气旋从源地向西北方向移动,靠近我国东部近海时,转向东北方向移动。从热带气旋影响的地区来看,在我国东部地区,不同强度热带气旋影响频数分布大致由南向北逐渐减少。其中风速 $\geq 32.7$  m/s的台风主要影响地区是华南和华东地区,华东地区受影响的频数最多,年均达5.8次,华北地区受影响频数最少,年均仅0.4次。从登陆地点来看,热带气旋登陆的地区几乎遍布我国沿海,大多数集中在华南沿海、台湾和海南岛,其中在广东登陆的热带气旋最多,其次是台湾,海南和福建。

## 1.2 雷电

雷电是在雷暴天气下发生于大气中的一种长距离放电现象,具有大电流、高电压、强电磁辐射等特征。我国的雷暴活动多发区主要集中在华南、西南南部以及青藏高原中东部地区,年雷暴日数在70 d以上,其中云南、海南、广西3省(自治区)的部分地区超过100 d。雷暴活动中等发生区主要集中在江南、西南东部、西藏、华北北部、西北部分地区,年雷暴日数在40~70 d之间。东北、华北、江淮、黄淮、江汉、西北东部及内蒙古中部和东部的雷暴活动较少,为20~40 d。西北地区大部、内蒙古西部更少,不足20 d。

年闪电密度是指每年每平方千米上发生的总闪电次数(云闪和地闪的次数总和),我国年闪密度的排序为:华南、西南地区>华北、东北、西北中东部、江淮、江南>西藏和青海大部地区>西北地区西部。从雷暴日数极大值分布来看,黄淮东部、江淮、江南、华南、西南大部为50~110 d,其中海南、广东大部、广西东南部、云南南部、湖南南部等为110~150 d,我国其余地区一般为30~50 d,西北大部在30 d以下。从各省(市、自治区)年雷电灾害事故次数分布来看,广东、福建、江西、浙江、云南、山东、河北省是雷电灾害事故多发地区,西北地区相对较少。在华东地区,雷电灾害的高发期为每年的4—8月,其中7月雷电灾害最多,当地的闪电频次在4—8月较多,在8月达到最高。华南地区雷电灾害的高发期为每年的4—8月,其中7月雷电灾害最多,当地的闪电频次在4—8月较多,呈现出明显的双峰型。

## 1.3 寒潮

高纬地区强冷空气爆发南下,所经之地出现剧烈降温、大风、冻害、降雪等天气,降温幅度达到一定标准时称之为寒潮。

我国年寒潮频次分布呈北多南少。东北、华北西北部和西北、江南、华南的部分地区以及内蒙古每

年平均发生寒潮3次以上,其中北疆北部、内蒙古中北部、吉林大部、辽宁北部达6次以上。1961—2005年我国寒潮(含全国性寒潮、区域性寒潮)平均每年有6.7次,其中1968年、1976年和1979年各出现11次,为出现寒潮最多的年份。最少的年份有2次,出现在1983年。从我国寒潮频次极大值分布来看,与年寒潮分布类似,呈现出北多南少的分布特点。东北大部及内蒙古中东部大部、陕西北部、新疆北部等地,年最多寒潮次数在12次以上。其中北疆北部、内蒙古北部、内蒙古中北部、黑龙江中北部、吉林中南部、辽宁北部出现过15次以上。对于全国和北方而言,寒潮在11月发生频次最多。对于南方地区,寒潮则是3月最多。从寒潮频次的线性变化趋势来看,东北、华北大部、黄淮东部、江南东部、江淮东部、西北东北部等地年寒潮频次呈减少趋势。

## 1.4 大风

测站出现瞬时风速达到或超过17.0 m/s,或目测风力达到或超过8级的风为大风,一日中出现过大风作为一个大风日。

我国有3个大风多发区:一是青藏高原大部,年大风日数多达75 d以上,是我国范围最大的大风日数高值区;二是内蒙古中北部地区和新疆西北部地区,年大风日数在50 d以上;三是东南沿海及其岛屿,年大风日数多达50 d以上。此外,山地隘口及孤立山峰处也是大风日数多发区。从我国年大风日数极大值来看,各站年大风日数极大值分布形势与年大风日数分布相似,也有3个明显的高值区。一是青藏高原,有200 d左右;二是内蒙古中北部和新疆西北部,多为80~120 d;三是东南沿海及其岛屿,有80~200 d。此外,受地形影响,局部地区如新疆的一些风口区和东南地区的一些孤立山峰,亦可达120~200 d。此外,我国年大风频次平均值为13 983站日,平均每站年大风日数为20 d。1966年出现大风频次最多,多达21 377站日,1997年最少,仅为8 715站日。20世纪90年代以来,我国年大风频次呈明显减少趋势。

## 1.5 高温

气象上将日最高气温 $\geq 35$  °C定义为高温日,将日最高气温 $\geq 38$  °C称为酷热日。每个测站连续出现3 d以上(包括3 d) $\geq 35$  °C或者连续2 d出现 $\geq 35$  °C并有一天 $\geq 38$  °C定义为一次高温过程,也称为高温热浪。持续高温对人们日常生活和健康有一定的影响,也会加剧水分蒸发和作物蒸腾,加剧旱

情发展,导致水电需求猛增,造成能源供应紧张。

1961—2006年的极端最高气温为历年年极端最高气温序列中的最大值,除青藏高原外,我国大部分地区极端最高气温均大于 $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。从海南岛到黑龙江均出现 $40\sim 41\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的极值,新疆吐鲁番曾在2006年出现 $47.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的高温。

### 1.6 霾

霾是一种大量极细微的干尘粒等均匀地浮游在空中,使水平能见度小于 $10\text{ km}$ 的空气普遍混浊的现象。霾发生时的天气条件特点是气团稳定,较干燥。它不仅影响人们身体健康,还影响心理健康。霾天气条件下,大气电导率下降,电力系统的雷击冲击耐压能力降低,易造成供电系统的污闪事故。

我国年霾日数分布特点是东部多于西部。我国西半部地区、东北大部及内蒙古、海南年霾日数不到 $1\text{ d}$ ;东半部地区年霾日数一般为 $1\sim 10\text{ d}$ ,其中山西中南部、河南中部、江西西北部、广西东北部、云南南部等地超过 $20\text{ d}$ ,尤以山西临汾为最多,达 $84.6\text{ d}$ 。从1961—2005年我国年霾频次变化特征来看,我国年霾频次平均值为 $3\ 245$ 站日。平均每站年霾日数为 $5.3\text{ d}$ ;2003—2005年年霾频次为近45年来最多的3年,其中2004年最多,有 $6\ 058$ 站日;1964年最少,仅有 $713$ 站日。1961—2005年我国年霾频次呈明显的增加趋势。增加趋势主要出现在经济发达和发展迅速的区域如华北、长江中下游和华南地区,东北地区、西北东部和西部、青藏高原、西南地区则有明显的减少趋势。

### 1.7 雾

雾是由无数悬浮于低空的细小水滴或冰晶组成并使水平能见度小于 $1\text{ km}$ 的天气现象。雾使能见度降低,易造成水、陆、空交通事故,也会对人们日常生活造成影响。

我国年雾日数分布大致是东部多,西部少。黄淮、江淮、江南及河北、四川、重庆、云南、贵州、福建、广东等省(市)年雾日数一般有 $20\text{ d}$ 以上,局部地区可达 $50\sim 70\text{ d}$ ;东北地区东南部和大兴安岭北部雾日数也较多,有 $20\sim 30\text{ d}$ ;西北地区因气候干燥,很少出现雾,但部分地区雾日数较多,如陕西和新疆天山山区年雾日数一般有 $10\sim 30\text{ d}$ 。

### 1.8 酸雨

酸雨是指 $\text{pH}$ 值( $\text{pH}$ 值是反映大气降水酸碱度的无量纲量,等于氢离子浓度的负对数) $< 5.6$ 的雨、雪、雹等形式的大气降水。

自华北地区中东部向西南延伸至陕北—四川中部一线以南,以及东北部分地区的多年平均降水 $\text{pH}$ 值 $< 5.6$ ,为酸雨区。其中,江南、华南大部以及西南部分地区的多年平均降水 $\text{pH}$ 值 $< 4.5$ ,为重酸雨区。此外,不同的季节降水 $\text{pH}$ 值分布变化也不一样。春季,华北中部酸雨区较年状况有所缩小,西北地区西部和东北地区出现小片酸雨区,分布在长江以南,其范围较年状况有所扩大。夏季东北地区的酸雨区明显向北增大,东北地区南部也出现酸雨区,重酸雨区主要分布范围明显缩小,且分为两个相对大的区域;秋季酸雨区形式与夏季基本一致,重酸雨区仍主要分布在长江以南,其范围较年状况略有扩大;冬季华北、东北地区酸雨范围比秋季明显缩小,重酸雨区主要分布在长江以南,其范围为各季中最大。

### 1.9 冰雹

冰雹是从发展强盛的积雨云中降落到地面的冰球或冰块,是一种季节性明显、局地性强,且来势猛、持续时间短、以机械性伤害为主的天气灾害。

我国冰雹分布的特点是山地多于平原,内陆多于沿海。青藏高原为冰雹高发区,年冰雹日数一般有 $3\sim 15\text{ d}$ ;云贵高原、华北中北部至东北地区及新疆西部和北部山区为较多雹区,有 $1\sim 3\text{ d}$ ;秦岭至黄河下游及其以南大部地区、四川盆地、新疆南部为冰雹少发区,在 $1\text{ d}$ 以下。从冰雹频次变化来看,1961—2005年我国冰雹高发期出现在20世纪60—80年代,90年代以来明显减少。年冰雹发生频次平均值为 $1\ 270$ 站日,平均每站 $2.1\text{ d}$ ;1976年最多,为 $1\ 611$ 站日,平均每站 $2.6\text{ d}$ ;2000年最少,为 $744$ 站日,平均每站仅 $1.2\text{ d}$ 。

## 2 全球气候变化趋势

### 2.1 全球气候变化

联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)是由世界气象组织(WMO)及联合国环境规划署(UNEP)于1988年联合建立的政府间机构。其主要任务是对气候变化科学知识的现状和气候变化对社会、经济的潜在影响,以及适应和减缓气候变化的可能对策进行评估。不同国家科学家对本国的气候做出观测分析之后,把观测数据统一提交到IPCC,由世界各地的专家对观测结果进行研讨,保留共同认可的结论,经过政府和专家反复评审之后,才对外公布,所以IPCC报告和结论具有国际权威性。

自1990年以来的17年间,IPCC主要通过4次

评估报告不断加深对人类活动引起近百年气候变化的认识。这是通过提供3个方面的证据实现的：  
 a. 温室气体自工业化时代以来(1750年以后)迅速增加；  
 b. 近百年地表和对流层温度以及海洋温度明显增加的观测事实；  
 c. 根据气候模式进行的过去100年气候变化的模拟证明，近百年气候变暖由自然的气候波动和人类活动共同造成，但最近50年大部分气候变化主要由人类活动造成。IPCC第四次评估报告得出的结论：全球气候变暖是不争的事实。近百年(1906—2005年)全球地表平均温度上升0.74℃，1956—2005年升温0.65℃，1995—2006年中有11年位列有仪器观测以来的最暖的12年中。20世纪全球海平面上升约为0.17m，其间1961—2003年平均上升速率约为1.8mm/a，1993—2003年的平均上升速率约为3.1mm/a。全球大部分地区积雪退缩，特别是春季和夏季。近40年北半球积雪逐月退缩(除11月和12月外)，在20世纪80年代尤为明显。并且北半球增温高于南半球，冬半年增温高于夏半年<sup>[6]</sup>。

## 2.2 全球气候变化驱动因子

人类活动导致4种长生命期温室气体的排放：二氧化碳(CO<sub>2</sub>)、甲烷(CH<sub>4</sub>)、氧化亚氮(N<sub>2</sub>O)和卤烃(一组含F、Cl或Br的气体)。当排放大于清除过程时，大气中温室气体浓度则增加。全球大气中的CO<sub>2</sub>浓度已由工业化前时代的约280ppm(体积分数，以下同，1ppm=10<sup>-6</sup>)，增加到2005年的379ppm。1995—2005年CO<sub>2</sub>浓度年增长率平均值是每年1.9ppm，大于1960—2005年的平均值即每年1.4ppm。全球大气CH<sub>4</sub>浓度值从工业化前时代的

约715ppb(1ppb=10<sup>-9</sup>)增至20世纪90年代初的1732ppb，2005年增至1774ppb。自20世纪90年代初以来，增长率已有所下降，这与在此期间甲烷总排放量(人为和自然排放源之和)几乎趋于稳定一致。全球大气中N<sub>2</sub>O浓度值已从工业化前时代的约270ppb增至2005年的319ppb。主要由于人类活动，许多卤烃(包括氢氟碳化物)从工业化前时代接近零的本底浓度上已呈现增加的趋势。

## 2.3 全球气候变化趋势

在不同的碳排放情景下，预估未来20年将以每10年增加大约0.2℃的速率变暖。即使所有温室气体和气溶胶的浓度稳定在2000年的水平不变，预估也会以每10年大约0.1℃的速率进一步变暖。之后的温度预估越来越取决于具体的排放情景，如图1所示，其中(a)图表示在SRES(联合国政府间气候变化专门委员会排放情景特别报告)中A2，A1B和B1情景下多模式地表增温的全球平均值(相对于1980年至1999年平均值)，并作为20世纪模拟结果的延续。位于中部的条块(b)图表示最佳估值(每个条块中的实线)以及与1980—1999年相比，2090—2099年期间在6个SRES标志情景下评估的可能性范围。对各竖条中的最佳估值和可能性范围的评估包括(a)图中的大气-海洋环流模式(AOGCM)和一系列独立模式的模拟结果以及观测限制因素。(c)图和(d)图是相对于1980—1999年的21世纪初期和后期预估的地表温度变化。该组图表示根据2020—2019年((c)图)和2090—2099年((d)图)两个10年进行平均而得出A2，A1B和B1这三个SRES情景的多个AOGCM平均预估值。

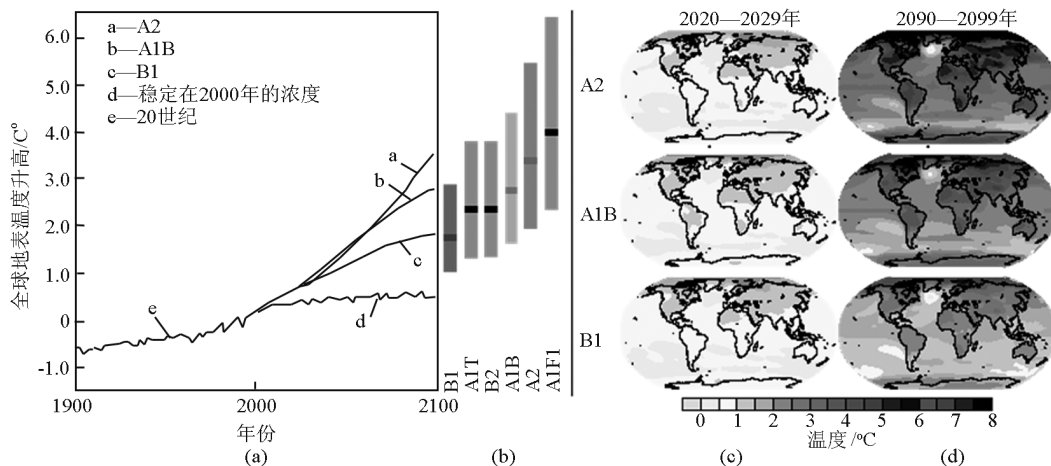


图1 大气-海洋环流模式地表增温预估

Fig. 1 Surface temperature estimation based on AOGCM

### 3 气候变化背景下我国的极端天气响应

近百年来,我国年平均气温升高了 $1.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,比全球平均海温( $0.74\text{ }^{\circ}\text{C}$ )要高。对于降水而言,我国年均降水量变化趋势不明显,但区域降水变化波动较大。近50年间各月降水量变化也具有明显区域特征,其变化趋势的主要特征为:a. 西部地区降水变化趋势较小,大多数月份表现为增加趋势;b. 东部地区,特别是江南地区,降水变化趋势差异较大,如长江中下游地区5月降水表现为显著减少,而7月则表现为显著增加,华北地区正好相反,5月显著增加,7月显著减少;c. 8—12月间,除东北北部地区外,东部的其他大部分地区降水普遍表现为减少趋势,个别地区有增加趋势;d. 1—3月东南地区降水呈现增加趋势。

近50年,我国极端天气气候事件的频率和强度发生了明显变化,严重影响经济社会可持续发展。

1) 华北干旱长期变化明显。华北地区是我国东部最容易发生干旱的地区,也是水资源短缺日趋严重的地区,干旱给经济发展和人民生活造成极大损失。自20世纪60年代中后期开始,华北地区降水持续偏少,特别是80年代和90年代尤为显著。华东地区最严重的干旱年份大都与梅雨期特别短,梅雨量特别少有关。高温干旱使晚稻生育期缩短产量下降,多种树木病虫害加重,危害果树生长并导致产量下降,森林火险的潜在危机明显增加。

2) 南方暴雨洪涝趋于增加。作为我国经济发展的核心地区,长江流域有近 $1/3$ 的地区是洪涝灾害高脆弱地区,频繁发生的暴雨洪涝严重制约了区域的可持续发展,经济损失呈明显上升趋势。严重的洪涝灾害给工业、交通、通信和水利设施以及人民生活带来严重影响。在继续变暖的21世纪,气温升高造成水循环加快,降水分布更加不均匀,极端降水事件频率增大,发生百年一遇旱涝的概率也会随之增大。

3) 强台风增多、影响加剧。我国台风登陆地点有向东南沿海等人口密集、经济总量大、战略设施多、国防敏感区域集中的趋势。研究表明,我国70%以上的大城市、50%以上的人口和近60%经济总量都处于台风的直接影响之下。1949—2006年登陆我国南部和东部沿海的台风约占全国登陆总数的90%,其中登陆最多的是广东,其次是台湾、

海南、福建、浙江。而这一区域正是我国经济最发达,人口密度最大以及港口、核电站、石油储备基地等战略设施相对集中的区域。浙江、广东、福建、广西、海南等省(自治区)近20多年来因台风造成的总经济损失均超过300亿元,是损失最严重的地区。随着全球气候变暖,台风登陆我国后移动路径更加复杂,受影响的区域呈扩大趋势。

4) 霾和雾等环境灾害的影响更加复杂和严峻。2003—2006年,连续4年为1961年有观测记录以来霾日发生频率最高的时期。霾已成为气候变暖形势下我国工业化阶段频率增长最快的灾害性天气。

5) 高温热浪频发。近年来,严重高温热浪也频袭我国,华北、西北地区东部、长江以南大部地区都已成为极端高温灾害的脆弱区,极端高温事件发生频率越来越高。近年来,高温事件的发生频率较过去大大提高,较强的高温热浪一般3~4年出现一次,部分地区甚至年年都遭受袭击。从1999年至今,华北、长江流域及其以南地区和西北地区东部几乎每年都会出现持续10d以上强度大、范围广的极端高温天气。极端高温热浪强度越来越强。20世纪40年代、60年代和1999年以来为近百年热浪的3个高发期,特别是1999年至今,我国几乎每年都会有持续10d以上的强度大和范围广的高温热浪出现。随着经济快速发展,城市化进程的加快,人口、生产、交通集中,在工业生产、家庭炉灶、内燃机燃烧、机动车行驶等方面消耗能源的同时,都有一定的废热排放,使城市区域增加许多额外的热量收入。同时,城市规划建设使得土地利用发生变化,植被减少等城市化造成的热岛效应也加剧了极端高温的酷热程度。

6) 冰冻圈变化加速。在气候变暖背景下,冰冻圈灾害的频率、强度和影响范围都将增加。冰冻圈变化将会对我国气候、水资源、生态和环境产生深刻而长远的影响。冰川融水是西北干旱区绿洲稳定发展的必要条件,冰川退缩,人类活动加剧破坏了这种冰川绿洲系统的天然平衡,导致内陆河流尾间萎缩,生态恶化。冻土退化对水文循环、沼泽湿地、碳循环、生物多样性以及重大工程项目等有较大影响。冰冻圈变化影响高原的能量、热量平衡,导致海陆温差变化,进而影响我国东部季风气候,是提高我国短期气候预测能力需要考虑的关键因素之一。另外,雪灾、雪崩、冰湖溃决、凌汛等灾害影响交通、通

信、农牧业、旅游等行业和人民生命财产的安全。

气候系统模式模拟结果显示,21世纪我国气候还将持续变暖,尤以我国冬半年气候和北方气候变暖明显。与1961—1990年的30年平均相比,到2020年我国年平均地表气温将可能增暖1.5~2.1℃,2050年增暖2.3~3.3℃,2100年增暖3.9~6.0℃。相应地,2100年我国年平均降水量可能增加10%~12%,而降水量的地区差异将变得更大。东亚冬季风可能减弱,夏季风可能加强。极端天气和气候事件的发生频率和强度也可能发生变化。

## 4 气象水文环境对海上风电建设的影响

海上有丰富的风能资源和广阔平坦的区域,海上风场的风力大且稳定,对环境的影响和受人因素为影响很小,可装配的发电机容量更大,但电力传输和接入电网的技术难度大,建设和维护成本高,受海洋水文环境和海洋天气系统的影响更为显著。

### 4.1 海上风场的气象影响因素

1) 热带气旋:热带气旋(台风)是最具威胁性和破坏力的海洋天气系统,对海上风电场设备具极大的威胁性和破坏性。在气候变化背景下,热带气象的发生频数虽无显著变化,但气旋的强度却表现出了增强的趋势,诸如“桑美”、“纳尔吉斯”等超强台风和超级热带风暴对于海上风电的安全构成了极大的威胁。海上风电项目设计、选址和规划时需进行充分的科学论证。

2) 雷电:海上风电场易遭受雷电的袭击,风机元器件易受到电击与损坏,海上风机安装和运行应考虑防雷。气候变化背景下,伴随着龙卷、飚线、冰雹等中小尺度极端天气的雷电事件灾害将出现更为频发和增强的趋势,进而需要制定更严格的海上风电设备的防雷设计和海上风电运行与施工的防雷措施。

3) 寒潮:一方面寒潮大风可以提供更充分的发电量,另一方面也可带来强烈的风浪,甚至风暴潮,进而影响或危及海上风机设施和维护运行。

4) 高温:高温会使得海水蒸发加强,风机仪器设备易老化、被腐蚀。

5) 霾、雾、酸雨:它们会对风机的外壳、叶片和输变电设备造成腐蚀,因此,海上风电建设应充分考虑风电设备的防腐问题。分析表明,长江三角洲和珠江三角洲地区均为酸雨和雾霾高发与浓密的区域,而这些地区也正是我国工业经济发达和人口稠密的地区,是海上风电规划与重点发展的地区。因

此,上述地区及东南沿海地区风电制造和建设更需充分考虑防御大气中腐蚀性气体和酸雨的侵袭。

### 4.2 海上风场的水文影响因素

1) 海流与海浪:它们会对风机底座和海底电缆造成冲刷,影响其稳定性,长期的冲刷将会削弱风机的固定基础。同时,大的海浪和飞沫会卷挟盐分颗粒对风机电路和元器件腐蚀,因此风机安装时应根据该海域的海浪的气候状况合理确定风机机舱和叶片的安装高度,避免海浪卷挟盐份造成的腐蚀。此外,它们对海上风机的运送与吊装、海底电缆铺设和机电维护均有影响。

2) 潮汐与潮流:潮汐的涨落时间、地点、潮位以及潮流强度、方向及其与地形的共同效应都在很大程度上影响着海上风场选址、海上工程施工。同时,潮流的直接冲击影响风机底座的牢固性,因此风机安装时应考虑基座的受力。

3) 风暴潮:风暴潮是来自海上的一种巨大的自然灾害,它是由强烈的大气扰动—如强风暴(寒潮、台风)和气压骤变所导致的海面异常升高的现象。它若结合通常的天文潮,特别是若恰好赶上高潮阶段时往往会使其影响范围海域水位暴涨,冲毁港口堤坝乃至浸溢内陆、酿成巨灾。因此,风暴潮会产生强风浪,不仅使风机舱受到侵袭,还会使叶片受到冲击。此外,风暴潮引起的增水、漫滩,对岸边配套设施有很大的影响。因此,在风暴潮多发海域,应制定防范风暴潮袭击的应急响应措施。

### 4.3 海上风电场的防台风问题

热带气旋之所以会成为海上风场的危险影响因素,有以下几个原因:首先,是对热带气旋的危害性缺乏充分的估计,例如“纳尔吉斯”超强台风登陆时间在5月初,登陆时间较早,加之近几年孟加拉湾热带风暴登陆缅甸的情况有所减少,因此缅甸政府和公众对台风登陆后的严重后果估计不足,缺少准备;美国国家飓风中心对“卡特里娜”飓风作出了准确预报,但对灾害严重性缺少认识,救援人员、物资明显滞后。其次,心存侥幸心理,美国新奥尔良市是风灾多发区,经常发布飓风警报,但严重的灾难长期以来没有发生,居民对此习以为常,产生了麻痹心理。“卡特里娜”飓风警报发布后,不少民众心存侥幸,政府组织转移疏散也不力,致使10多万人因交通工具不足滞留灾区。

根据IPCC-4评估报告,全球变化背景下,我国的台风登陆地点有向东南沿海等人口密集、经济发

达、基础设施多的区域集中的趋势,且我国台风防御体系仍然存在一些薄弱环节。主要表现为以下几个方面。

1) 工程体系不完善,防御能力偏低。美国新奥尔良市堤防按照防御4级飓风(风速为 $57.7 \sim 68.8 \text{ m/s}$ )的标准建设,但“卡特里娜”飓风仍然造成4处大的决口并导致新奥尔良市进水受淹,20万人无家可归。我国重点海堤是按照防御12级台风(风速 $32.6 \text{ m/s}$ )的标准设计的,如果“卡特里娜”这样的超强飓风登陆我国,海上风电场与其他设施将产生难以预料的严重后果。

2) 防风体系不完善,构筑物防御标准低。2004年14号“云娜”台风登陆时风力12级、风速 $45 \text{ m/s}$ ,造成6.43万间房屋倒塌。另外,我国综合防风体系尚不完善,电力、通信、交通、港口、避难场所等基础设施抗风能力设计标准偏低,大量的电力塔架、通信基站、施工吊装设备、港口装卸机械等构筑物防风抗灾标准偏低,防风措施不够健全。海上风电场多建离岸一定距离的海上,周围基本无屏障,直接面对台风的袭击,所承受的风力和破坏远大于陆岸。因此,海上风电场需要制定更高要求的防风体系和防御标准。

3) 监测体系不完善,预报精度不高。飓风是美国常见灾害,美国建有完备的飓风监测、预警系统,预警预报水平居世界前列。“卡特里娜”飓风灾害发生前,美国国家飓风中心(NHC)对“卡特里娜”飓风的量级、登陆时间和地点等事先作出了准确的预报,并通过媒体滚动发出预警,提醒民众做好防范工

作,预警预报工作比较成功。相较而言,我国在台风监测和预报方面还存在监测体系不够完善,预报预测精度不高,对台风的结构特征和活动规律的认识水平仍有待进一步提高和发展完善。目前,台风异常路径(如滞留、打转、蛇形路径等)的预报以及台风登陆路线和登陆地点的预报仍是一个世界性的科学难题,短期内难以得到实质性的提高,台风大风、暴雨、巨浪等关联因素预报尚不能完全满足海上风电场防御要求。

4) 预警体系不完善,次生灾害防御能力低。与发达国家相对完备的预警体系相比,我国防台预警体系仍不完善,突出表现在预警信息发布手段落后,导致我国台风次生灾害防御能力偏低,次生灾害伤亡率偏高,成为制约防台风工作发展的一大瓶颈。在海上风电场发展中,这是一个急待解决的瓶颈问题。

#### 参考文献

- [1] 葛全胜. 中国自然灾害风险综合评估初步研究[M]. 北京:科学出版社, 2008.
- [2] 气候变化国家评估报告编写委员会. 气候变化国家评估报告[M]. 北京:科学出版社, 2007.
- [3] 秦大河. 气候系统的演变及其预测[M]. 北京:气象出版社, 2003.
- [4] 殷永元. 全球气候变化评估方法及其应用[M]. 北京:高等教育出版社, 2004.
- [5] 王伟光. 应对气候变化报告[M]. 北京:社会科学文献出版社, 2009.
- [6] IPCC 专家组. 气候变化2007综合报告(IPCC-4全球气候变化评估报告)[R]. 政府间气候变化专门委员会, 2007.

## Disastrous weather trend under global climate change and its influence on offshore wind power

Ge Shanshan, Zhang Ren

(Institute of Meteorology, PLA University of Science & Technology, Nanjing 211101, China)

[Abstract] The state of disastrous weather in China is studied comprehensively, and the characteristics of global climate change, driving factors and trend are analyzed based on the research achievement. Furthermore, the response on extreme weather of China is explored under global climate change. Thus, metrological and hydrological factors that affect offshore wind power are proposed and analyzed, and the issue against the typhoon of offshore wind power station was especially emphasized.

[Key words] global climate change; disastrous weather; offshore wind power