

论我国海上风电场建设重大工程问题

王景全, 程建生, 李 峰

(解放军理工大学工程兵工程学院, 南京 210007)

[摘要] 发展海上风电具有重大战略意义, 应予高度重视, 加大支持力度; 发展海上风电面临严峻挑战, 应予科学应对, 切忌浮躁冒进。我国海上风电发展, 必须坚持科学发展观, 坚持高起点上的理性、有序发展, 坚持创新和特色结合的跨越式、可持续发展。成本、效益、风险制约海上风电的发展, 通过科技进步, 风电核心技术掌握和规划建设能力的提高, 可以有效解决重大制约发展的因素, 确保海上风电健康发展。针对我国海上风电又好又快发展, 建设高质量、高效益的海上风电场, 提出了若干建议。

[关键词] 海上风电场; 工程建设; 风电产业; 发展战略

[中图分类号] TM614 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2010)11-0004-06

1 前言

我国庄严承诺, 到 2020 年单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 40%~45%, 同时郑重宣告为达此目标, 大力发展新能源, 争取到 2020 年我国非化石能源占一次能源消费比重达到 15% 左右。推动新能源快速发展既重要又紧迫, 极其艰巨的减排任务与新能源革命的进程紧密相连。

在诸多新能源中, 风力发电是技术较为成熟, 具有规模化发展和商业化前景的可再生能源, 拥有广阔的发展前景, 成为全球增长最快的能源。近年来, 我国风电产业、风电开发发展迅猛, 截至 2009 年底, 全国已建风电场 240 个, 累积总装机容量已达 2 601 万 kW, 跃居世界第二位, 成为世界风电大国。

随着风能技术开发的深入和风电产业的壮大, 随着大规模陆上风电基地陆续开始建设以及大型海上风电示范项目成功实践, 我国风电进入了新的发展阶段, 尤其是近年沿海各省(市、自治区)制定了本地区海上风电发展规划, 提出了近期拟开展前期工作的海上风电开发方案, 加上 2010 年新年伊始, 国家能源局又发布了《海上风电开发建设管理暂行

办法》, 2010 年我国海上风电规模化发展开始启动。在此关键时刻, 面对我国海上风电的发展建设新形势, 我们要特别强调认清形势, 科学发展, 注重质量, 稳步推进, 不盲目为商机、政绩所左右, 不要不顾条件一哄而下海。要多些责任使命意识和创新理念, 强化机制约束和行政管控, 确保我国海上风电有序开发、规范建设和持续发展。

2 我国海上风电的发展机遇和挑战

2.1 海上风电是新兴高新技术产业, 发展速度快, 发展潜力大

风电场集中了风电产业的所有技术成就, 体现了产业所有管理和服务水平, 也凝聚了产业相关的多学科的发展成果。风电场提供清洁能源, 实现产业最终价值, 是产业发展的根本。因此, 关注海上风电就要特别关注相关风电场的建设和营运。

将风电场建在海上, 开发海上风能, 形成海上风电产业, 它的历史并不长。从欧洲在海上安装首台百千瓦级风机算起, 至今也只有 20 年, 从建成第一个真正意义上的海上风电场——丹麦霍恩礁风电场算起, 至今也只有 8 年。尽管海上风电历史很短, 但

[收稿日期] 2010-07-28

[基金项目] 中国工程院土木、水利与建筑工程学部重点咨询项目“我国海上风电场建设重大工程问题研究”(2008-XZ-05)

[作者简介] 王景全(1937—), 男, 江西南昌市人, 中国工程院院士, 解放军理工大学教授, 博士生导师, 长期从事浮式结构、风电场建设等方面的研究; E-mail: wangjq@cae.cn

发展很快:海上风机单机容量已从最初的 220 kW 发展到 5 000 ~ 7 500 kW;风电场的水深从几米增大到 40 m 甚至 60 m;风电场的规模也越建越大,兴建的海上风电场总装机容量将达到 42 万 kW 的规模;海上风电装机总容量稳步增长,全球海上风电总装机容量现已超过 2 000 万 kW;许多临海国家都在筹划建设新的海上风电场,规划海上风电的发展目标。以欧盟为例,保守预计到 2020 年,仅海上风电就将占欧盟发电总量的 4%,总装机容量达到 8 000 万 kW。海上风电在快速发展中形成鲜明特色,这就是风机、基础、施工和维修海洋化、风机大型化、风场规模化以及风场远岸发展、多海域发展,海上风电是发展快速、极具发展潜力的高新技术产业。

2.2 我国海上风电发展空间大,海上风电场工程建设任重道远

海上风电之所以得到快速发展,形成风电发展的一个新领域、新方向、新动力,其根本原因是面临发展大好机遇。首先是沿海经济发达国家和地区对清洁能源和环境保护有紧迫需求和自觉行动,同时也是由于海上风能资源丰富、品质高,风电效益好,风电开发带来的环境因素(噪声、视觉、电磁波干扰)、土地资源因素(占用土地面积大)制约少,风电场离电力负荷中心近、临近大电网,发展的区位优势突出,风电相关技术快速发展并趋于成熟,开发新市场拉动经济增长等因素决定的。我国有 18 000 km 大陆海岸线,有 6 000 多个海洋岛屿,有 300 万 km² 的海洋国土,根据联合国海洋公约,沿海国在 200 n mile 专属经济区内有利用风力产能活动的主权权利。从包括潮间带、辐射沙洲等的海岸滩涂到水深 20 ~ 50 m 的近海浅水区,再到水深大于 50 m 的远海深水区,只要避开航运、渔业、工程规划、国防军事及自然保护、海洋能利用等特殊功能区域,都可做风电场场址的规划,仅就江苏东部黄海上的辐射沙洲,就可建总装机容量数倍于三峡水电站的海上风电基地。如果再考虑国际市场的需要,走出去援助国外建设海上风电场,为人类新能源发展和地球气候环境改善做出更大贡献,建设海上风电场的任务更重,承担的责任更大。因此说,我国海上风电产业发展的空间很大,海上风电场工程建设任重道远。

2.3 我国海上风电重大的发展机遇,伴随着严峻的挑战

在海上建设风电场是非常复杂艰巨的,挑战主

要来自技术难度大、工程风险高、建设成本昂贵、建设能力严重不足以及诸多发展瓶颈制约(风电的间歇性、不稳定性对电网和用户的冲击)等方面。海上的工程环境既恶劣又复杂,不同的海域如滩涂、近海、远海,又如渤海、黄海、东海、南海,其工程环境差异很大。在海洋环境下风机要连续工作 20 ~ 25 a,风电场在保留基础更换风机的条件下要运行 50 a 或更长,对风电机组及基础工程可靠性要求极高,从事基础施工难度极大,风机进场运输、现场安装、输变电线路工程及后续风电场维护,技术难度都很大。尤其是海上风电机组单机容量大型化的发展趋势,一组风电设备即可重达数千千牛,塔架高出海面超过百米,风机扫风面积等于几个标准足球场的面积,带来了更多的技术难题和工程风险。由此也产生了高昂的建设成本,在当前技术水平下,在水深 20 m 以内海域建设成本就达到陆上风电的 1.8 ~ 2.0 倍,建设投资约为每千瓦 1.8 万 ~ 2.2 万元。若风电场年等效满负荷小时为 3 000 h,上网电价为 0.8 ~ 1 元/(kW·h),则风电场需 7.5 a 左右才能收回建设成本。运营期间维修成本更高(维修成本是陆地风电的 5 ~ 7 倍)。若风电场远离海岸,其成本也将抬升。涉及成本构成因素来自风机、基础工程、电气系统基础及风电场运营、维护各个方面,降低成本的唯一出路是依托技术创新和管理创新,将成本降低分解到各个因素上去,每个因素的技术进步和创新形成多管齐下,推动海上风电工程的整体科技进步,确保成本逐步降低。海上风电建设能力增强包括风场勘测设计专业化水平提高、风机设计标准及性能检测、产品质量认证体系健全完善、海上运输施工专用设备的研制开发使用、电网规划建设的强化及智能化、风电场信息化管理的实施、高效维护手段的建立、技术人才队伍的建设等。只有突破了关键技术,掌握了核心技术,规避了工程风险,显著降低了风电成本,大大提高了建设能力,海上风电建设工程才能得到稳步的发展,并在提供新能源、保护生态环境上发挥更大的作用。

3 应对严峻挑战,谋划我国海上风电产业的科学发展

坚持在高起点上的理性、有序发展,加强政策激励导向,促进海上风电产业核心技术的掌握和自主创新建设能力的培养,促进多学科、跨学科的融合协作,加大科技支撑力度,促进风电产业内外整合,提

高产品质量和服务水平,造就世界知名企业和品牌,努力实现创新和特色结合的跨越式发展、可持续发展。这应当是我国发展海上风电产业的整体思路和战略谋划,也是由风电大国到风电强国的必由之路。

3.1 坚持高起点上的理性、有序发展,立足核心技术掌握及自主创新能力、建设能力提升

海上风电发展的历史虽然不长,但风电先行国家在陆地风电上起步较早,探索经营多年,有系统的深入的理论研究,有大量的实验验证和工程实践经验,有长期的资料积累和数据分析,系统地制定了产业标准,建立了自己的认证体系,完善了科学管理,有一支高水平的技术和管理人才队伍。在展开海上风电的研究、实践中他们坚持了科学的态度,稳步发展,这就是他们的优势。我们无需经历这种漫长的知识积累和技术进步的过程,可以直接在别人现有成就上开创自己的海上风电发展局面,通过技术引进和开展国际合作迅速缩小差距,提高竞争能力,实现高起点发展。但是引进不等于消化吸收,合作不等于全盘转让,花钱可以买专利,可以买图纸、买资料、买生产许可证,但买不到核心技术,只能以别人的技术标准,生产或组装适应欧洲风况环境和标准的定型产品,帮助别人占领自己的市场。况且海上风电历史不长,风机和风场配套设施离运营寿命周期要求的 25 a(风机)或 50 a(基础)的服役年限还差得很远,学习曲线的一个周期尚未完成,即使是先进的国家,该领域问题暴露也不充分,规律性的认识也远远不够,在新的海区承建海上风电场,即使先行国家他们也往往心中没底。因此,可以说海上风电技术远未成熟,制约发展的关键技术瓶颈还很多。只有掌握了核心技术,才能根据变化了的环境、条件,制定新的技术标准和产品认证体系,设计研制出性能优、效率高、可靠性好的新产品,满足我国海上风电发展的需求。我国有句古话:“橘生淮南则为橘,橘生淮北则为枳”,深刻地道出了不同环境对同一事物具有重大影响的道理。当今海上风电先进国家,风电场绝大部分建在波罗的海、北海及北大西洋比斯开湾等,他们的产品和工程比较适合那里的风资源情况和海洋工程环境。盲目地大量引进,“水土不服”的问题将非常严重。当前(截止到 2009 年底)我国从事风电机组整机生产的厂家企业经过短短的 5 年已从 2005 年的 8 家发展到多达 103 家,生产配套零部件的厂家数量更大,其中不少是功底不足跟风而上的企业,热衷重复引进,重复建设,抢占

市场,其产品质量可想而知。如国产风机的主要质量问题或是设计有缺陷、设计不合理或是材料材质不过关、或是加工精度不高、装配工艺缺陷等,即体现了这个问题。但是有一些风电龙头企业坚持了理性发展,组建了强有力的科技攻关队伍,坚持引进、消化、吸收、再创新,一定程度上掌握了核心技术,申报了自己的多项发明专利,增强了自主创新发展风电的能力,确保了产品质量。这些企业代表了产业发展的主流,使企业具备了强大竞争力,也突显了我国海上风电的大好前景。海上风电场建设工程首要的是根据风电场环境和相关标准设计好或选择好风电机组机型。在日本某风电场使用的欧洲某国的风机,在风电场建成后,故障率居高不下,屡修屡停,无法改变病机状态,生产厂家最后选择赔偿,放弃维修。丹麦霍恩礁海上风电场有 80 台 2 MW 风机,建成之初,一年内 80 台风机同时正常工作的时间居然只有 30 min,出现故障 4.5 万起,维修换件技术人员忙得不可开交,最后不得不将这批没有经过严格认证、不适合海上工作的风机全部召回更换。风电先进国家尚且如此,何况我们?近年来,我国生产的部分风电机组(注:实际上许多不能算是中国制造,而应称之为中国装配、组装,更谈不上中国创造),由于没有很好掌握关键技术和核心技术,又不恰当地强调了零部件、配件国产化率要求(注:现已废止了该项要求),采用了一些不过关的配件,加大了系统的不可靠性,给整机质量带来影响,据悉,有数量不小的一批风电机组不能正常工作与此不无关系。这样的没有经过严格设计和认真检测认证的风机,一旦出现在风电场,后果可想而知。风电业内人士普遍认为,经过近五年风电机组连年翻番大提产之后,2010 年我国将进入风电机组事故高发期。海上风电决不能依托这样的技术基础得到健康发展。因此,坚持理性有序发展,在抓自主创新能力及建设能力的提高,抓尽快掌握海上风电核心技术,确保设备制造的质量之外,更要抓产业科学管理,明确产业准入门槛,摒弃不合宜的国产化率要求等。占领质量制高点才能占领市场,否则,盲目抢占市场,后患无穷。一个部件、一个系统出了问题就可能毁了整个产品,最近日本丰田汽车大量召回事件就是教训。对众多已上马的风电企业,优胜劣汰,重新洗牌在所难免,通过整合将使成熟的企业更具竞争力。海上风电是技术密集型的高新技术产业,涉及多个学科的技术,在引进技术的同时,必须搞好产学研结合研

究攻关,组织好多学科、跨学科融合协作形成强大的技术支撑。

3.2 增强风险意识,坚定科学规划和示范先行,谋划健康发展和跨越式发展、可持续发展

谋划海上风电健康发展,一定要认真吸收国外风电先行国家的海上风电开发的经验教训,正如中国可再生能源规模化发展项目办公室的研究报告《中国海上风电和大型风电基地发展战略研究》中指出的欧洲海上风电5个方面的成功要素,即科学合理地规划、持续稳定的激励政策、科学的管理模式、资金支撑、项目示范。这些成功经验,我们要很好学习。他们的相关教训,我们也应认真吸取。

我国海上风电产业现在处在起步阶段,企业盈利也好,成本问题也好,都有电价政策等因素在内,如明确电网公司全额收购风电,并制定较高的风电上网电价体现了政策激励、财政支持。我们一定要认识到发展海上风电的根本目标,是供应清洁能源和减排温室气体,如果风电效率低,产生的清洁能源很有限;如果为获得这些清洁能源建立风电场这个平台消耗了大量传统能源,排放了不少温室气体,在此平台运营后不能尽快偿还碳债并做出新贡献,就背离了发展海上风电的初衷。但是,在现阶段还不能过于强调这个目标,而应更重视从中探索发现,稳步前进,为此甚至还应宽容失败。靠技术进步和创新,我们一定能逐步达成节能减排创建新能源基地这一目标。这需要一个相当长的过程,不可能一蹴而就。就拿为了降低成本将海上风电场规模做大来说,没有强大的智能电网配合或大规模高效储能技术的支持就难以实现,只能是分布式小型化风电场,但那样成本又高,这在现阶段是可以容忍的。非并网风电理论的创立使我们可在当前以特种产业如电解铝、制氢、海水淡化、制氯碱等吸纳大风电场的风电,而无需等待电网的改造。尤其是在远海、深海建风电场,输变电工程耗资巨大,成本极高,我们依据此理论,以非并网风电在海上加工产品,改送电上岸为送产品上岸,这就是一种很大的进步、跨越式进步。随着各种创新成果的涌现和技术进步,海上风电场的风机、基础、配套工程将得到不断的发展提升。把海上风电做大做强,要防止一种风机产品打天下,一种技术长久统治。在海上风电领域,装备和技术有激烈的竞争和快速的演变,我们应始终关注前沿,不断更新模式。我们不能将所有鸡蛋放在一个篮子里,要规避风险,在一个初级技术水平上盲目

大规模上产量是十分危险的。海上风能资源不是取之不尽的,由于与海域空间相关联,因此不能随意滥开发,恣意浪费,不能允许用低效能装备和不尽合理的设计进行大规模开发。发展海上风电要小步快走,不要盯着上规模,而要盯着上水平,要打一场攻坚战、持久战,而非速决战。一个风电场建起来就是在长达20年、50年时间里,凝固了一片海域资源,冻结了一代风电技术,决策应当十分慎重,一定要促进不断进步,后建风电场一定比先建风电场有更大进步,更高的技术含量;分期建设的大型风电场,后期工程应优于前期。不断通过工程反馈和深化研究取得进步。这就是海上风电场的可持续发展思路。

4 论海上风电场建设工程的成本与效益、风险与安全

随着科技进步,以及风电核心技术的掌握和建设能力的提高,海上风电场建设工程的成本将逐步降低,效益将得到逐步提高,风险将逐步减少,安全将得到有效保障。这正是海上风电产业发展强大生命力之所在。

4.1 海上风电场建设成本与效益

欧洲近海风电场的建设成本统计指出,通常情况下,在总成本中发电机组占51%,基础结构占19%,风力发电机组与基础结构安装占9%,近海电力系统占9%,电力系统安装占6%,勘察与管理占4%,保险占2%。当前,总成本约为陆上风电场建设成本的1.8~2.0倍。若海上风电场场址离岸更远,水深更大,风浪更强,总成本将更高,各工程因素所占比例也将发生变化,基础结构及海上施工所占比重将进一步加大。当然,由于远岸海上风电资源更加丰富,风电产出效益也将大大提高。

海上风电场建设的成本随着产业的发展、技术的进步将逐步降低,降低成本的空间是很大的。以占据成本比例最大、权值最重的风电机组为例,其成本可分解到各主要零部件上,它们所占的比例分别是:塔架占26.3%、风轮叶片占22.2%、齿轮箱占12.91%、变频器占5.01%、变压器占3.59%、发电机占3.44%等。其中齿轮箱一项价格昂贵,占风电机组的12.91%,占风电场建设工程总成本的6.58%。在主流机型双馈式风力发电机组中,齿轮箱的存在是必须的,但这不仅加大了成本,降低了机械效率,也增大了风电机组的故障率。因为风电机组故障率最高的是齿轮箱,占40%,海上风电场风

电机组齿轮箱的维护、维修难度比陆上大得多,时间、费用投入也高得多。永磁直驱风力发电机,取消了沉重、昂贵、易出故障的齿轮箱,机组结构更为简单,成本更低,维护、维修费用也将明显降低,风电机组可靠性提高了,效益改善了,但永磁直驱风机它需配备昂贵的全功率变频器,这部分也要提高成本。在这里不是否定或肯定哪种技术路线,而是强调科技创新会改变一切,促进新的机型的设计研发。

又以基础结构施工、风机吊装及电力系统设置为例,它们占海上风电场建设工程总成本的43%。如果基础结构设计合理,海上施工方案科学,施工吊装设备性能先进,施工组织管理高效,这一部分成本也将会显著下降。海岸滩涂、浅水近海、深水远海,不同的地质海床条件,不同的海洋工程环境和气象条件,会使风力发电机组的海上支撑平台的结构形式有很大的差异,施工方法也各不相同。先进的施工作业装备对降低成本提高功效具有重要意义,例如,陆地风电场建设中吊装设备机动性能好,以及对道路条件如路面宽度、回转半径等要求低,仅此一项即可大大降低工地道路保障的投资成本。英国五月花公司研制的自升式作业平台,将多艘作业保障船的功能汇集到一条船上,降低了风浪对作业的干扰,使作业效率大大提高,也大大降低了工程成本,正所谓“工欲善其事,必先利其器”。中交第三航务工程局有限公司在上海东海大桥海上风电场施工中,在施工设备开发方面有许多创新,使工效大为提高,其中起重能力为2400t的风机整体安装专用起重船“三航风范”号发挥了重要作用。

有些成本是不宜压缩的,如工程勘测部分,欲建风电场场址的海洋工程条件、气象条件、海底地质条件,勘测精度越高,设计将越合理,施工方案也越高效科学。

海上风电场降低成本的途径除了风机设计造型合理、风机制造质量保证、基础设计建造优化和全面的技术进步外,还有风机大型化、风场规模化。风机做大,风场做强,成本就将大大降低。

海上风电场的效益取决于风能资源丰富、风机质量好、叶片空气动力性能技术和相关技术确保在风场特定风速条件及全部风速条件下实现风能利用转化率最大化、风机可靠性好,故障率低、停机维修时间少、风机大型化及风场规模化带来的效率提高等。远离海岸、无人值守的海上风电场的远程监控和科学管理水平的提高,实现遥控、遥信、遥感、遥

调,对成本降低、效益提高也具有重要意义。有些重大事故造成停机、甚至机毁,其原因不在硬件设备质量,而在于软件质量和管理缺陷方面的问题。

4.2 海上风电场建设工程的风险与安全问题

海上风电场建设工程,一些基本技术问题必须深入研究、妥善解决,否则会构成重大安全隐患,形成重大风险。它们主要是:

1)波浪按重现期50a,累计频率为1%波高考虑,风浪流的耦合动力作用引起的结构响应和安全评估。

2)强台风和超强台风对风电场的破坏作用和防护对策。

3)北方海域风电场(尤其是叶片和基础工程)受冰冻威胁及浮冰影响的研究。

4)海水及盐雾对风电机组、基础工程结构、电气工程设备的腐蚀作用及防护措施。

5)高耸于高电导性海水及宽阔海面的风电设备在严重雷害威胁下的安全保障。

6)在风、浪、流、潮工程环境中施工设备自身生存条件、作业效能及作业安全保证。

7)航行船只在丧失动力或遭遇恶劣气象条件下风电场避撞防护。

8)复杂气象条件下风电场抢修、救援装备研制和配备。

9)风电场建在海防一线的国防安全及反恐安全考虑。

5 海上风电场建设应特别关注的问题和相应建议

1)规划海上风电项目必须首先搞清拟建风电场海域的风能资源情况。当前我国严格按照规范要求设置的海上测风塔数量甚少,测风时间也很短,不足以反映风能资源的真实情况。当务之急是抓紧搞清海上风能资源,加强海上测风投入和风能资源资料的收集、积累、分析与评估以及风电机组运行情况的后评估。

2)海上风电场规模发展必须体现循序渐进,不应强调一步建设到位,以免造成当下的技术长期冻结大片风能丰富的海域,不能随着技术的发展进步,取得更大的效益;海上风电场规划设计不可恣意滥用海域面积,应将气象学科与风能工程学科紧密结合,最大限度科学合理利用风能资源。

3)通过产业的水平及垂向兼并重组把前期风

电技术多渠道引进的风电技术多元局面转化为我国风电设备研发、风电产业开发的快速发展局面。不应过多宣传风机装机容量增长成绩统计及定型产品批量产能,而应强调风电实际产能和合理消纳(并网、非并网)增长的评比以及产品的升级换代和电场的设计优化。风电建设应强调规划的权威性。

4)理顺海上风电发展机制,制定合理的海上风电电价,整合资源地区、能源公司、设备生产厂家、电网公司、海上施工公司的利益分配和合作体制,调动各方积极性,引导海上风电科学发展,确保运用于海上风电场风机的质量和产出效益。

5)应用于海上的风机不仅应进行风机对特定海域的海洋化设计,而且应将风机在相应海域条件下进行充分的规范化的试验检验考核,未经严格检验考核的风机,不能用于海上风电场。海上风电场的风电机组设计选型,其性能及可靠性必须严格进行产品认证。进一步加强国家海上风电技术研发中心的建设,加快设计标准制定及认证体系的建立、完善工作,加强风电设备的电网友好性、可控性和安全性的研究。

6)海上风电工程涉及多个学科的技术。以海上风电基础工程为例,涉及海洋环境、气象条件、地质构造,涉及高性能材料、高性能结构、精细化设计、现代化施工、专用化设施、信息化管理、全寿命维护,没有跨学科协作攻关是不行的。必须下大力气搞好以企业为主体产学研结合的研究攻关,发挥行业协会信息与咨询公共服务平台的重要作用,组织好多学科、跨学科融合协作,形成强大的技术支撑。

7)海上风电场开发规划及风电场选址要充分考虑贯彻国防要求,周密关照各类功能区的需求。一个海域的资源、能源和功能是多方面的,不能只盯住风能一项,应多方兼顾,和谐发展,同时保护好生态环境。

8)海上风电场全寿命设计及全程认证体系的建立应给予充分的重视。风电场的建设,必须有前期规划的牢固基础,中期的严格认证以及后期改造打算,直到拆除的设计安排,在从项目启动到寿命终结的几十年中,体现可持续发展要求。

9)要深入研究台风微气象对海上风电结构物作用的原理,落实海上风电机组防台风技术保证及安全对策。全球气候变暖,气象条件异常,台风发生的频率增大,强度增高,行进路径也变得诡异,海上

风电场建设工程对台风袭击应作慎重考虑。

10)解决滩涂风电场施工及深海、远海风电场浮式基础问题需求迫切、难度大,应受到特别关注。滩涂作业难度大,必须开发特种工程装备及特种工程技术;浮式基础在风、浪、流作用下的运动对风机工作的影响分析应尽早攻关解决。与浮式基础配套使用的垂直轴、大功率风机应予以重视。

11)海上风电、风电场规模化进程不能等待强大智能电网及上规模的高效储能技术的突破,在以下技术确保风电安全并网的同时,还要重视海上风电利用途径的多元化,如直供海岛和用户,直供特种产业需求的非并网利用,尤其是远海深水建设风电场,可依此建立海上生产平台,改送电上岸为送产品上岸。

12)重视海上风电技术及管理人才培养,特别强调对我国现有102个风机整机制造企业研发队伍的掌握,不致在行业整顿洗牌中大量流失,对240个风电场的调试、维修、管理技术人员的培养提高应加强。

13)我国海岛多达6000多个,在海岛上尤其是无人居住海岛上运用大功率风机和分布式供电系统消纳海上风电,是开发海上风电的重要途径。

14)海上风电场建设与海洋能发电场建设综合考虑,促进各种储能技术综合应用发展,探索将海上风能、海洋能、太阳能等统一开发,建成海上新能源综合基地的可行性。

15)由于目前国内尚无完整系统的近海风电施工规范,因此施工技术方案的可行性尤为重要。施工方案的成立与否直接决定工程的成败,并直接影响着电价水平,因而施工方案的评审应成为项目评标核心环节和前提。主管部门对项目评标应采用两阶段评标办法,即在施工技术方案的评审通过的基础上,方可进入下一阶段商务标的评审,以营造良好投资环境,促进海上风电建设工程的健康发展。

“十二五”是我国能源体系转型的关键期,打好海上风电攻坚战,建设好一批高质量、高效能海上风电场,积极稳妥、又好又快地发展我国海上风电,对于促进我国能源的结构、质量都发生革命性的变革将发挥重大作用。

(下转15页)