



2017 风能行业发展白皮书

德国莱茵 TÜV 与 MAKE

联合发布



版权声明

本报告版权为德国莱茵 TÜV 和 MAKE 共同所有，由德国莱茵 TÜV 大中华区市场部负责发送和提供相关咨询服务。

德国莱茵 TÜV 和 MAKE 对本报告拥有共同著作权。报告有偿提供给限定客户，应限于客户内部使用，仅供客户在分析研究过程中参考。如客户引用报告内容进行对外使用，所产生的误解和诉讼由客户自行负责，本公司不承担责任。如将来用作商业或其他用途，未经本公司同意，不得以任何异于本报告原样之装订或包装形式将本报告出借、转售、出租、或在网上发布。凡使用本报告者均受本条款及本报告一切有关版权之条款约束。

如未获得德国莱茵 TÜV 和 MAKE 书面允许，不得用任何方式抄袭或翻印本报告任何部分的文字及图片，在任何媒体上（包括互联网）公开引用本报告的数据和观点，否则引起的一切法律后果由该客户自行承担，同时本公司亦认为其行为侵犯了德国莱茵 TÜV 和 MAKE 的著作权，并有权依法追究其法律责任。

报告的所有图片、表格及文字内容的版权归德国莱茵 TÜV 和 MAKE 所有。本白皮书中英文版出现互不相符情况时，概以中文版为准。部分图表在标注有数据来源的情况下，版权归属原数据所有公司。

凡有侵权行为的个人、法人或其它企业，必须立即停止侵权并对其因侵权造成的一切后果承担全部责任和相应赔偿。否则我们将依据中华人民共和国《著作权法》等相关法律、法规追究其经济 and 法律责任。

德国莱茵 TÜV 大中华区市场部
MAKE

2017 风能行业发展白皮书

德国莱茵 TÜV 与 MAKE

联合发布

01 前言

02 第一章 全球风电市场展望

05 第二章 全球风电市场概览

06 2.1 2016 年全球风电市场概览

11 第三章 中国风电市场展望

12 3.1 中国风电市场概述

14 3.2 中国风电市场展望

16 3.3 中国风电主要支持政策

20 3.4 非水可再生能源配额制

21 第四章 区域市场分析

22 4.1 中国海上风电市场分析

26 4.2 中国运维市场分析

30 4.3 中国风电企业海外业务发展分析

33 第五章 德国莱茵TÜV风电项目管理解决方案

34 5.1 海上风电项目安全管理

43 5.2 风电项目运维能力评估

47 5.3 风机型式认证

50 5.4 创新模式 一次认证两份证书

前言

全球正在进入一个清洁能源带来颠覆性变化的时期，电力系统正在转型，由少数大型污染性电厂主导的集中式系统转向由广泛分布的可再生能源为主流的体系。风电在未来能源系统中所扮演的角色尤为重要，也成为塑造能源转型的坚定力量。2016 年全球风电新增装机容量超过 54GW，累计容量达到 486.8GW，累计装机容量增长 12.6%。风电在电力需求中所占的比例（渗透率）持续提高。

中国已经成为全球风电新增并网容量第一大国。2016 年，中国新增并网容量占全球新增并网容量的 37%，其中海上风电新增并网容量 690MW，占全球海上新增并网容量的 30.2%。政策支持、电网建设、海上风电和电力改革等都是促进中国风电行业长足发展的驱动因素。中国海上风电市场活跃度也显著提高。技术进步及项目经验的积累使得海上风电度电成本正处于下降趋势，非水可再生能源配额制、碳排放交易机制以及用海审批流程简化等因素改善了海上风电的产业环境，中国海上风电产业提速在即。

根据全球和中国风电行业的发展轨迹，德国莱茵 TÜV 和 MAKE 分别针对海上风电项目运营管理，运维能力评估和创新认证模式及风电行业的发展态势、主要政策和企业业务发展方向等方面提出建议，帮助风电产业链企业、科研单位、销售企业、投资企业了解风电产业当前最新发展动态，把握市场机会，做出正确经营决策。

特别说明：本报告中的大量市场资料仅供企业经营参考用，望客户不要用于其他商业用途。否则，由此产生的一切后果德国莱茵 TÜV 和 MAKE 将不予承担！

德国莱茵 TÜV 和 MAKE 真诚地祝福每一家志向远大的风电企业都能制定出高质量经营决策，不断获得成功！

德国莱茵 TÜV 大中华区市场部
MAKE

第一章 全球风电市场展望





风电目前在与全球接受严重补贴的化石能源在役机组的竞争中表现出色。全球正在进入一个清洁能源会带来颠覆性变化的时期，电力系统正在转型，由少数大型污染性电厂主导的集中式系统转向由广泛分布的可再生能源为主流的体系。全球电力系统都承载着在2050年前尽早达到零排放，以确保气候变化和可持续发展的目标。

由于全球电力市场的不确定性和各国政策对可再生能源支持政策的变化，使得风电行业前景的预测较为困难。然而可以确定的是风电在未来能源系统中所扮演的角色将更加重要，也成为塑造能源转型的鉴定力量。全球风能理事会（GWEC, Global Wind Energy Council）、国际环保组织绿色和平及德国航天研究中心（DLR, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt）在多年的合作中建立了全球风能展望情景，并参照国际能源署（IEA, International Energy Agency）能源发展展望所设定的新政策情景作为基准线，在今年新版的预测中加入了IEA的450情景。用四种情景预测了全球的形势，展望2020至2050年的情况。

国际能源署（IEA）新政策情景

IEA“新政策”情景是以国际能源、环境政策目前的导向与目标为蓝图所制订的，例如2015年巴黎协议，大批国家与地区可再生能源与能效的承诺，以及八国集团（G8）、二十国集团（G20）、清洁能源部长级会议等论坛上各国政府的承诺。

国际能源署450情景

国际能源署的450情景在2010年的世界能源发展展望中被首次提出。这一情景的背景是50%可能性下控制地区升温在2摄氏度以内所需要的能源发展路径，这需要全球将温室气体浓度常年控制在450PPM (Parts Per Million)。

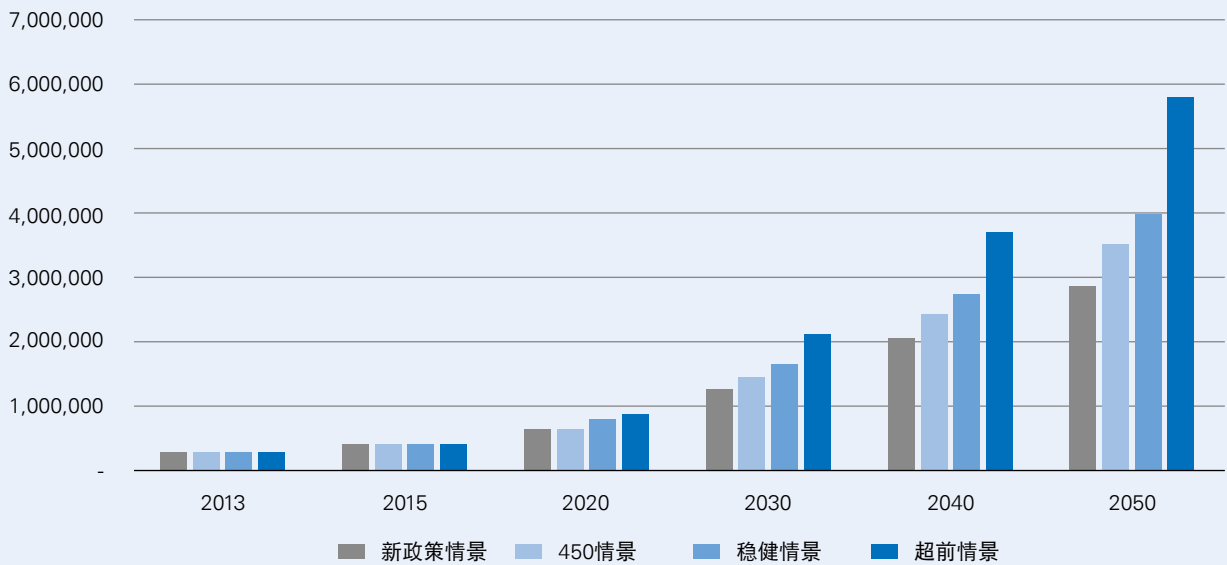
GWEO稳健情景

GWEO稳健情景与新政策情景有许多相似之处，它考虑到世界范围内所有支持可再生能源并处于计划阶段的政策法案，加上现有及计划的新能源总体发展及风电发展目标，并假设它们能够按时达成。同时考虑各国政府实施了在2015年巴黎气候大会的减排许诺。

GWEO超前情景

超前情景是最宏伟的远景规划，它以风电行业发展最好的情况暨“Wind Energy Vision”为基础推算，同时符合现今及未来风电发展的能力。此情景假设全球对可再生能源进行明确承诺，该承诺吸取了行业建议并有赖于政府推广适当的政策并持续性执行该政策。

全球累计风电装机容量 (MW)



数据来源: GWEC, Global Wind Energy Outlook 2016

全球累计风电装机容量

	2013	2015	2020	2030	2040	2050
新政策情景						
MW	318,354	432,656	639,478	1,259,974	2,052,583	2,879,611
TWh/a	714	868	1,569	331	5,395	7,541
450 情景						
MW	318,354	432,656	658,009	1,454,395	2,458,757	3,545,595
TWh/a	714	868	1,614	3,822	6,462	9,318
稳健情景						
MW	318,354	432,656	797,028	1,675,624	2,767,351	3,983,995
TWh/a	714	868	1,955	4,404	7,273	10,470
超前情景						
MW	318,354	432,656	879,446	2,110,161	3,720,919	5,805,882
TWh/a	714	868	2,157	5,546	9,779	15,258

数据来源: GWEC, Global Wind Energy Outlook 2016

第二章 全球风电市场概览



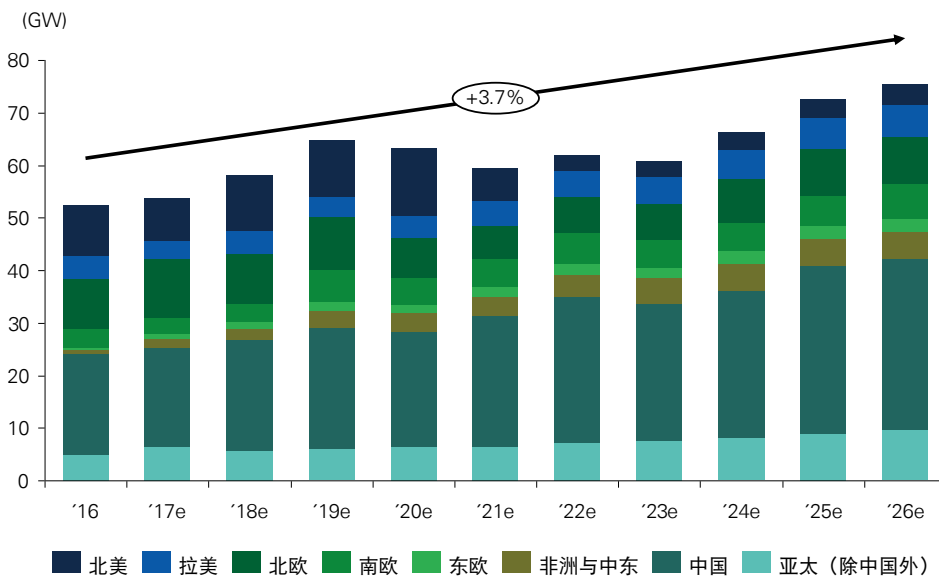
2.1 2016 年全球风电市场概览

2016年，全球新增风电并网容量52GW，较2015年同比减少16%。MAKE将全球一共分为八大区域，分别为北美、拉美、北欧、南欧、东欧、中东与非洲、中国和亚太（除中国外地区）。其中，2016年，中国新增并网容量19.3GW，占全球新增并网容量的37%，位于第一位。第二、三位分别为北美和北欧，新增并网容量9.8GW和9.5GW，占全球新增并网容量的19%和18%。东欧、中东与非洲新增并网位于最后两位，全年仅新增并网容量586MW和676MW。亚太（除中国外地区）、拉丁美洲和南欧分别新增并网容量4.8GW、4.3GW和3.5GW。

2016年成为全球史上第二高的一年，新增并网容量仅次于2015年的65.8GW。虽然中国作为新增并网主力国家，受到电价下调以及弃风限电的影响，2016年新增并网容量同比减少34%，然而，全球其他风电市场中，共有七个国家在2016年创造了该国家史上最高新增风电并网容量，分别为德国（3.8GW）、印度（3.6GW）、巴西（2.6GW）、法国（1.4GW）和土耳其（1.3GW），从而抵消了一部分中国带来的消极影响。

全球风电市场展望，2016-2026e

全球风电新增并网容量预测，2016-2026e



注：并网预测来源于MAKE于2017年6月7日发布的《2017年第二季度全球风电市场展望更新》报告，之后的各区域预测或根据市场动态变化有所调整。

数据来源：MAKE

2016至2026年，MAKE预计全球风电新增并网复合年增长率为3.7%，整体发展势头保持良好。除了北美市场以外，其他市场在未来十年均将保持稳定或上升的发展趋势。MAKE预计2017年至2026年全球累计新增并网容量达635.90GW。

北美市场未来十年新增风电装机将出现激增激降的戏剧性发展趋势，主要由于美国市场未来风电发展政策的不确定性和不稳定性。风电拍卖会的取消，对巴西持续的风电增长带来了不利影响，但其他风电发展中国家（例如，阿根廷、智利和墨西哥）风电拍卖市场的活跃度将保证拉丁美洲继续维持积极的风电发展趋势。

欧洲作为成熟的陆上风电发展市场，上升空间局限性增大。未来十年的风电增长将主要依赖于海上风电以及机组的翻新改造。南非的风电企业购电协议（PPA）将促进了整个中东与非洲地区的风电增长，而该地区的其他国家仍在寻找合适的发展机会。

中国在“十三五”期间受到电价下调和弃风限电的影响，新增装机回落但保持平稳。增量市场从三北地区向中东部和南方地区转移。亚太（除中国外）地区风电增长强劲。印度与澳大利亚分别正在和打算举办由中央政府和地方政府主导的风电拍卖会，韩国政府则不断推进海上风电项目的开发。

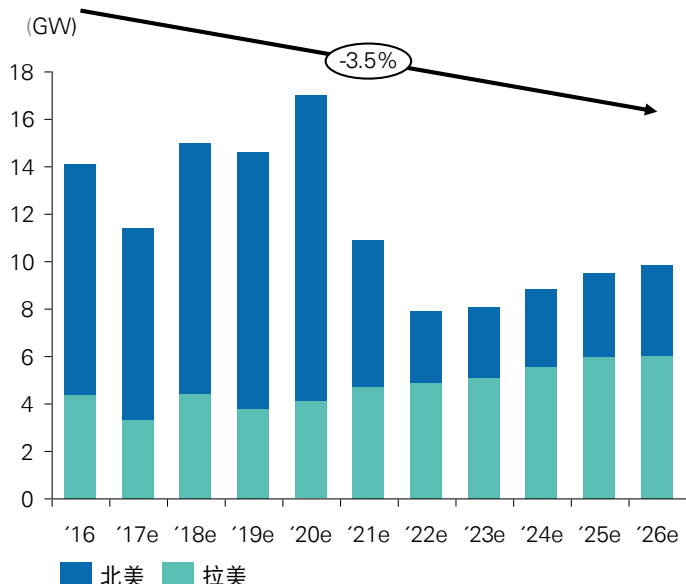
美洲风电市场展望

2016年至2026年，美洲风电市场整体呈下滑趋势，受到北美地区装机下滑的影响，年复合增长率为负3.5%。拉美地区基本保持稳定的年新增并网装机，并在2022年超过北美地区，成为该地区接下来的风电发展主力。

由于政策的不确定性，美国和加拿大的未来风电发展双双受挫。风电需求的放缓，丰富的水电资源，有限的现役煤电机组退役和激进的能效措施导致加拿大风电受到多方挤压。2017年至2022年，加拿大新增风电并网容量将明显减少，直到2023年以后才将有所回升。美国则表现出相反的发展趋势。由于美国生产税抵免政策（PTC）尚不调整，拥有可再生能源发展目标的各州政府和企业将加快项目执行来获得全额PTC补贴，从而导致2020年底前新增并网装机显著增加。然而，Trump的能源政策或将阻碍美国2021年及以后的风电增长。

2019年至2020年，由于政府取消了风电拍卖会且负荷需求疲软，巴西风电市场前景不甚乐观。2019和2020年的新增并网将仅依赖于在现存购电协议下延迟并网的风电项目。2016年，智利新增并网容量创新高，但2017年至2019年新增并网装机疲软，直到2020年拍卖会中标项目完成吊装，新增并网装机容量才将有所回升。2017年至2018年，墨西哥风电市场发展受挫，一方面，墨西哥国内风电项目延期；另一方面，Trump的边境和税收政策增加了墨西哥国内经济形势的不确定性。

美洲风电市场并网容量预测，2016-2026e



注：并网预测来源于MAKE于2017年6月7日发布的《2017年第二季度全球风电市场展望更新》报告，之后的各区域预测或根据市场动态变化有所调整。

数据来源：MAKE

欧洲、中东与非洲地区市场展望

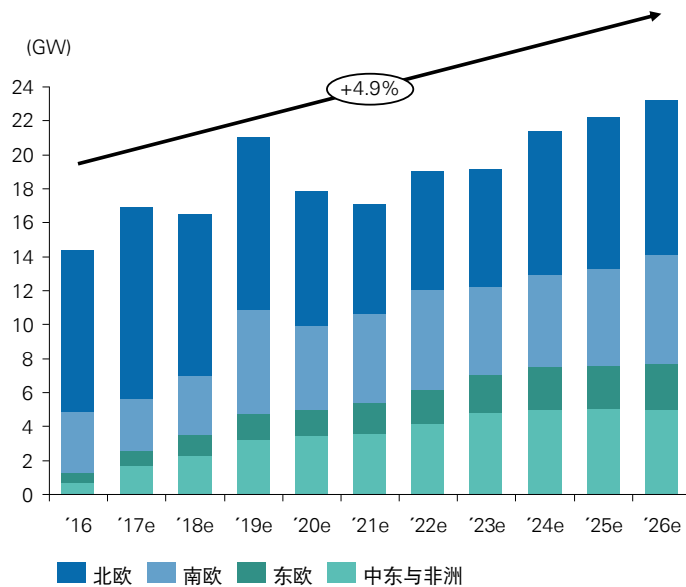
欧洲、中东与非洲整体市场新增并网装机在未来十年保持上升趋势。预计2017年到2026年，欧洲市场、中东与非洲市场的累计新增装机将分别达到156.05GW和38.06GW。

北欧地区的政策转型或将导致2017年新增风电并网容量激增。德国迫于接下来的投标压力，最后一批享受标杆电价的项目将集中于2017至2019年投产，显著增加了近期的新增并网容量。英国风电补贴政策即将到期，也将促使2017年至2018年风电并网容量大幅增长。

南欧及东欧地区未来十年新增风电装机容量基本保持稳定增长。法国和土耳其仍是支持南欧地区新增风电装机的主力市场。西班牙的风电招标细节尚未公布，但已于2016年开始规模化风电增长，并预计于2026年前保持持续增长。波兰市场由于巨大的政策调整导致2017年新增并网容量大幅度下滑，未来两年市场低迷。

中东与非洲市场作为新兴风电发展市场面临着多重挑战。南非作为中东与非洲主力市场（2016年新增并网容量占总并网容量的70%），市场占比将于2026年逐步降低至16%。摩洛哥和埃及新增并网容量保持稳定增长。伊朗风电发展受阻于国内艰难的经济形势，削弱了开发商的投资积极性。

欧洲、中东与非洲风电市场并网容量预测，2016-2026e



注：并网预测来源于MAKE于2017年6月7日发布的《2017年第二季度全球风电市场展望更新》报告，之后的各区域预测或根据市场动态变化有所调整。

数据来源：MAKE



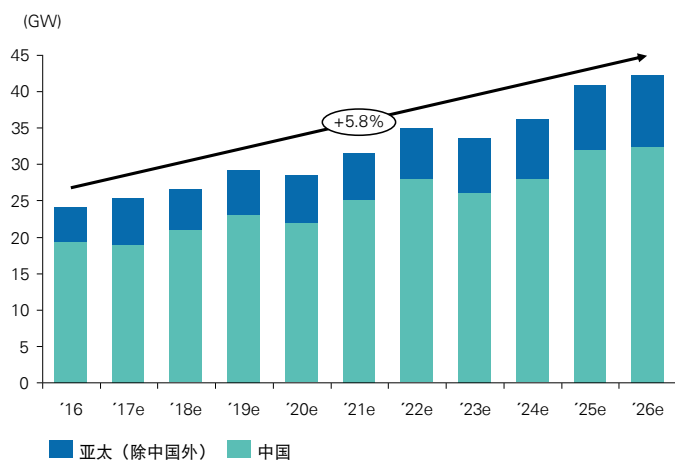
亚太市场展望

亚太风电市场未来十年新增并网装机保持强劲增长，预计2017年到2026年累计新增风电并网装机328.91GW。中国仍然保持主导地位，每年新增并网市场份额保持在整个亚太市场的78%左右。

受到电价下调和弃风限电影响，中国于2020年以前新增并网容量相对2014和2015年明显回落，预计年新增并网装机保持在19GW至23GW。受到风电预警机制的影响，弃风限电严重的省份新增并网将会受到限制，而市场将进一步向四类风区（大部分为非限电地区）转移。

亚太（除中国外）市场活跃，除印度市场保持稳定增长，其他市场增速较快。澳大利亚将继续领跑亚太（除中国外）市场，政府计划兴建多个风电项目，确保实现2020年国家可再生能源发展目标，各州政府正在筹备风电拍卖会，以期重振投资者信心，吸引更多资金进入澳大利亚市场。

亚太风电市场并网容量预测，2016-2026e



注：并网预测来源于MAKE于2017年6月7日发布的《2017年第二季度全球风电市场展望更新》报告，之后的各区域预测或根据市场动态变化有所调整。

数据来源: MAKE

全球海上风电市场展望，2016-2026e

2016年，海上新增并网容量主要集中在北欧和中国，分别为1,556MW和690MW，占全部新增并网容量市场份额的68.2%和30.2%。北美和亚太（除中国外）市场仅分别新增并网容量30MW和7MW。

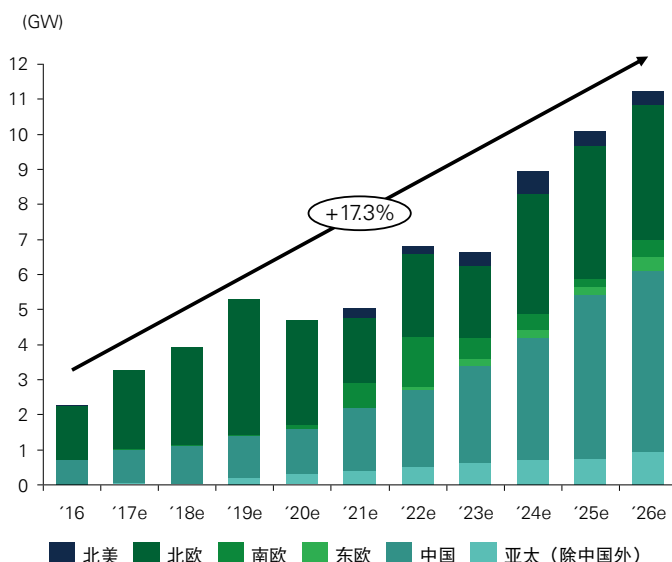
全球海上风电基本保持稳定增长。欧洲占据海上风电新增并网容量领先地位，预计2017年到2026年累计新增并网34.39GW。随后是亚太地区，累计新增并网29.09GW。

2017年至2026年，欧洲市场的海上风电发展主要依赖于英国、德国、荷兰和法国。亚太地区基本上全部依赖于中国。中国预计海上累计新增并网24.7GW，约占亚太地区海上新增并网市场份额的85%。

2017年海上新增并网将进一步依赖北欧和中国市场，尤其是北欧市场，新增市场份额预计增加到69.1%。韩国将于2017年成为亚太（除中国外）市场内首个实现大型海上风电项目并网运行的国家，项目规模为30MW。中国海上风电建设活跃度增加，福建、浙江等省份开始加快海上风电建设进程并建设省内海上风电试验项目，但规模化的投产仍要等到2018年以后。2017年的海上新增并网项目仍集中在江苏省。

MAKE预计，2017至2026年，除中国以外，亚太地区仅有日本、台湾和韩国海上累计新增并网容量将超过GW级，分别为1.76GW、1.48GW和1.15GW。北美市场预计2017年和2018年不会有海上风电项目投产，2022年以后将保持每年400MW及以上的新增海上并网容量，并于2017至2026年累计新增2.37GW并网容量。

全球海上风电市场并网容量预测，2016-2026e



注：并网预测来源于MAKE于2017年6月7日发布的《2017年第二季度全球风电市场展望更新》报告，之后的各区域预测或根据市场动态变化有所调整。

数据来源：MAKE

第三章 中国风电市场展望



3.1 中国风电市场概述

宏观经济概述

中国经济已经从高速发展转向平稳发展期，国内生产总值（GDP）增速进一步放缓。根据中国电力企业联合会（中电联）于2017年1月13日发布的《2016年全国电力工业统计快报一览表》，2016年，全国GDP增长率为6.7%，相对2015年减低0.2个百分点。“十三五”期间，GDP增速或将进一步放缓，保持在6.5%左右。

根据中电联统计分析，在经历2015年用电增速低谷之后，2016年全国用电增速显著提高，但仍然没有达到2013年的用电增长水平。全社会用电量增长的主要动力已从传统高效产业逐步转向第三产业和城乡居民用电。“十三五”期间，电力消费结构会进一步向第三产业和城乡居民用电方向调整，预计用电增速将会进一步放缓。风电发电量占全部电源发电量占比进一步提升，但增幅依旧有限，相对2015年仅仅上升了0.7个百分点。截至2016年底，风电装机容量占全部发电装机容量的8.6%，而风电发电量仅占全部发电量的4%。

中国未来电源结构将逐步由化石能源为主导向非化石能源为主导调整，但在中短期内仍会以煤电为主力能源。在非化石能源快速发展而电力消费增速减缓的情况下，如何调整化石能源与非化石能源之间的关系，保证合理的风电发电量将成为影响未来风电可持续性增长的关键。

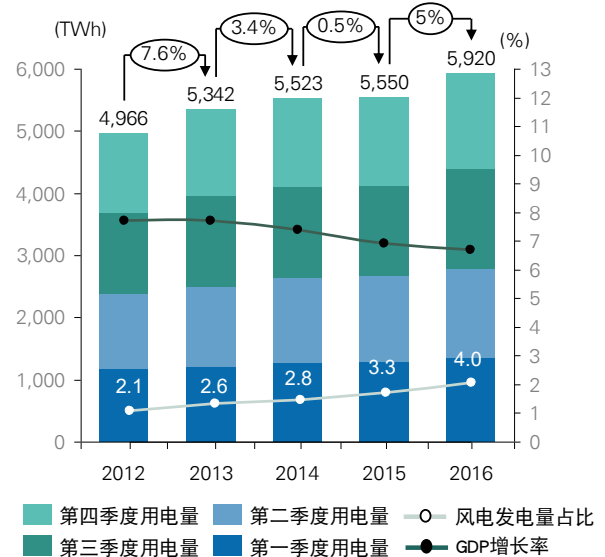
风电并网装机容量概述

经历了2014年和2015年两年破纪录的风电增长，新增并网容量于2016年回落到19.3GW，同比减少34.4%。截至2016年底，中国风电累计并网容量达146GW，已经完成国家能源局在“十三五”规划中设定的2020年累计风电并网目标210GW的69.5%。

2015年及以前，风电发展重点区域主要集中在三北地区，尤其是西北地区。从2013年到2015年，三北地区新增装机市场占比均超过65%。然而，省内能源间的矛盾、有限的消纳空间以及外送空间导致西北地区弃风限电现象严重。开发商项目收益严重受损，开始寻找其他地区的投资机会。

2016年，三北地区新增市场占比第一次跌破50%，仅为47%。而中东部及南部地区（包括华东地区、华中地区和华南地区）新增并网装机首次超过三北地区，成为新增风电并网重点区域。

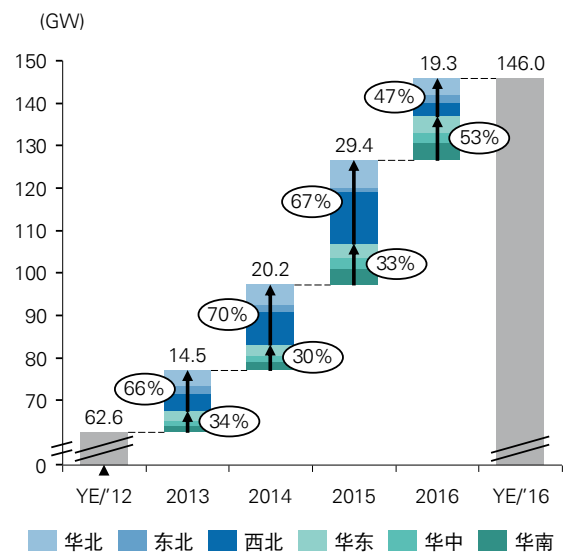
全社会用电量、风电发电量占比与GDP增长率，2012-2016年



注：上图的全社会用电量增速为中电联发布数据而非用两年发电量计算得出。由于中电联当年和次年发布的同年全社会用电量会有调整，因此图中数据所算出的用电增量或与中电联发布最终数字不符。这里以中电联发布数字为准。

数据来源：MAKE、CEC、NBS、NEA

风电新增与累计并网容量，2013-2016年



注：并网预测来源于MAKE于2017年6月7日发布的《2017年第二季度全球风电市场展望更新》报告，之后的各区域预测或根据市场动态变化有所调整。

数据来源：MAKE

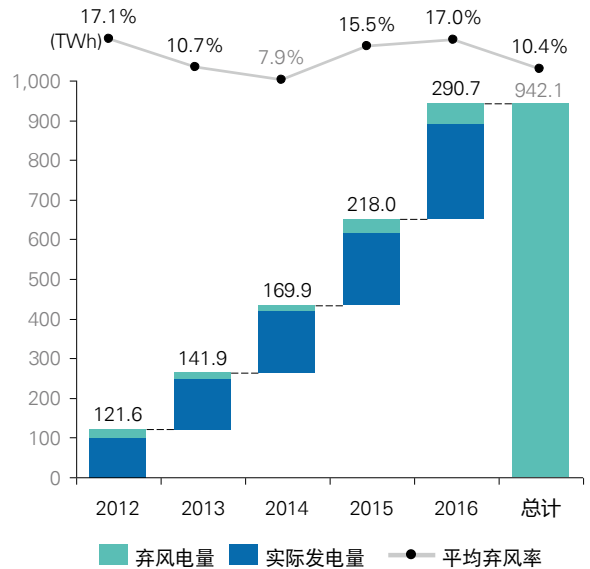
弃风限电和风电利用小时数

弃风限电已经成为长期困扰中国风电发展的顽疾。2012年，全国平均弃风率高达17.1%，创下历史最高弃风率记录。2013年开始，在中央政府的引导下，弃风率连续两年下降，2014年回落至7.9%，然而，能源局同年发布陆上风电第一轮电价下调。将核准和并网节点分别放在2014年和2015年底，在政策的刺激下，风电市场从2014年下半年进入抢装阶段，弃风率开始回升。2015年弃风率陡然升至15.5%，同比增加了76个百分点。2016年，全国平均弃风率继续上升至17.0%，基本追平2012年。从2012年至2016年，累计弃风电量总计98.1TWh，基本追平2012年一年的风电发电量。

2013年以后，全国年平均利用小时均未达到风场为保持一定收益所需达到了2,000小时。2016年，全国平均利用小时数为1,742小时，仅比2015年增加了11小时。与此同时，各省份平均利用小时数发生巨大变化。

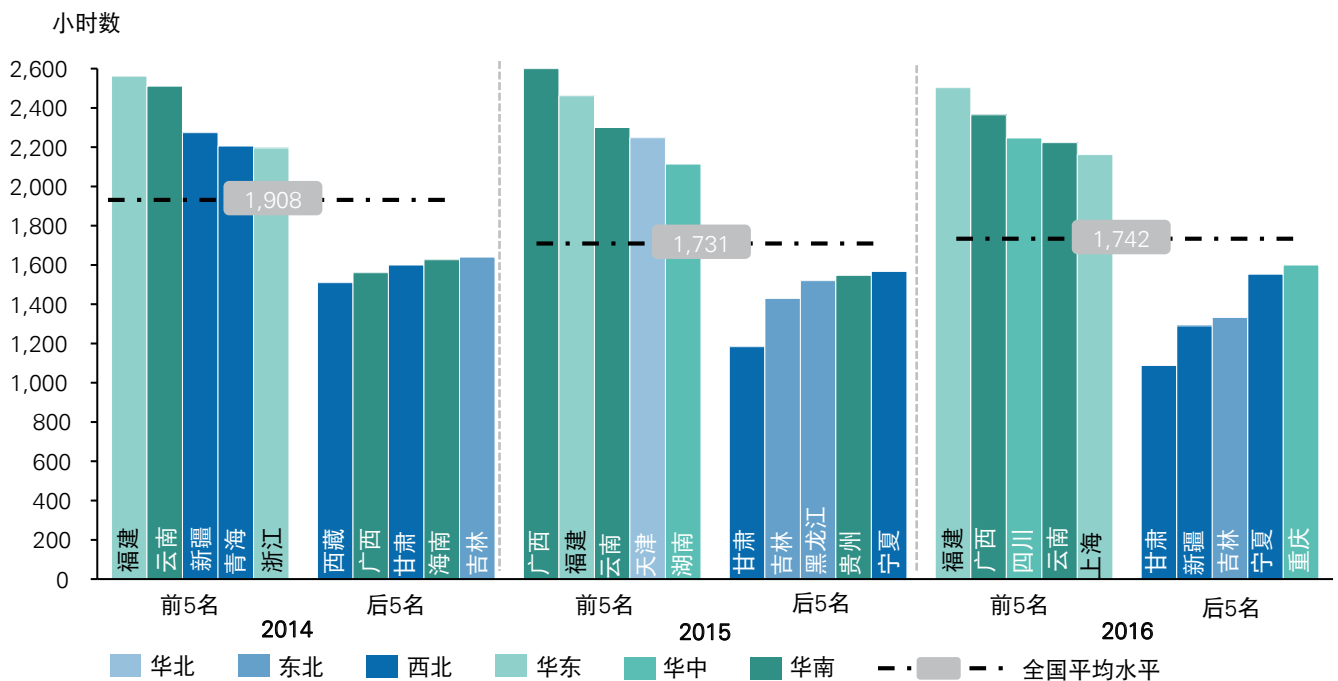
2016年，平均风电利用小时数最高的五个省市全部来自中东部和南部地区。云南和福建保持风电利用小时数最高的前五名，而新疆则从2014年风电利用小时最高的五名直接跌到2016年利用小时最低的五名。2016年，利用小时数最低的五省份中有四个省份来自三北地区，且有三个省份来自在西北地区，也是目前弃风限电现象最为严重的地区。

年平均弃风率、弃风电量和实际发电量，2012-2016年



数据来源: MAKE

2013-2015年平均风电利用小时数分析



数据来源: MAKE, NEA

3.2 中国风电市场展望

市场预测

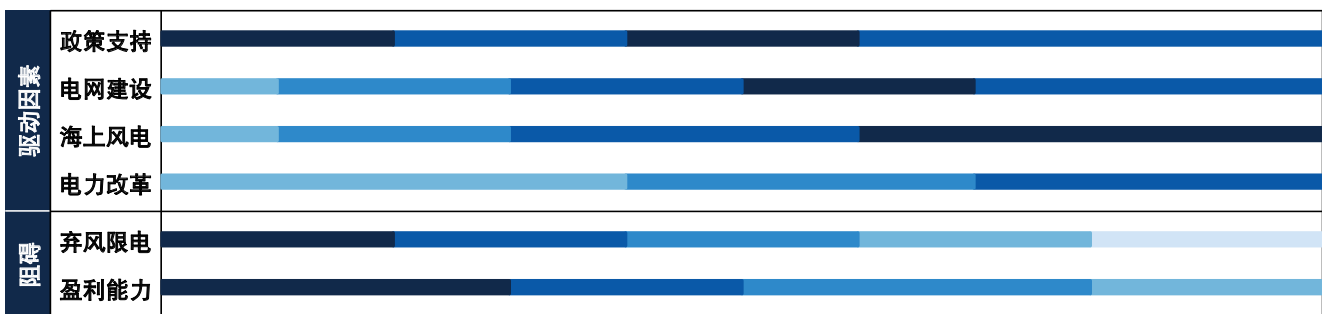
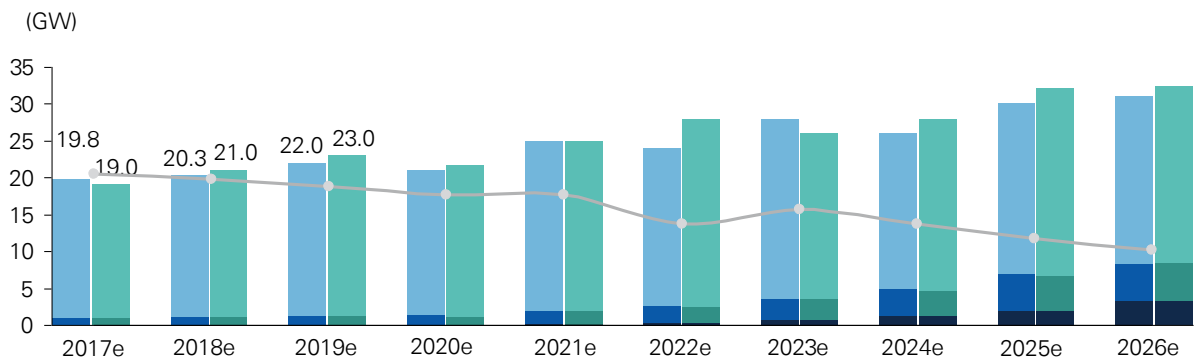
中国未来十年风电市场将保持稳定增长。2020年以前，新增吊装和并网容量保持在19-23GW之间。随着弃风限电现象的好转以及电网建设的完善，“十四五”期间风电行业发展形势良好。2021年至2026年，平均年新增吊装容量和并网容量分别为27.3GW和28.6GW。风电并网缺口逐年减少，预计将从2017年的20.3GW 缩减到2026年的10.1GW。

受到陆上风电电价下调和风电投资检测预警机制的影响，新增吊装容量预计于2017年回落至19.8W，同比下滑12.4%。新增并网容量预计与2016年基本持平，为19.0GW。由于严重的弃风限电现象，一类、二类、三类风区新增装机同比下滑明显。受到“十三五”风电发展目标以及政策的驱动，2017年至2020年每年新增装机量保持平稳。从2018年开始，新增并网量将第二次超过新增吊装量（第一次新增并网超过新增吊装容量发生于2015年），并一直维持到2022年。

海上风电持续保持积极发展趋势。“十三五”期间，海上风电的新增占比有限，2020年仅占当年新增并网容量的5.9%。2020年以后，海上风电将进入快速发展期，并于2026年达到当年新增并网容量的16.0%。

风电机组翻新市场将成为未来风电发展重心之一。在经历了过去十年的高速发展以后，风电已经形成了庞大的市场体量。中国第一座风电场于1986年开始运行，并于2015年完成全部机组退役。随着越来越多的机组退役，风电机组翻新市场存在巨大的发展潜力。虽然在“十三五”期间增量有限，但风机翻新市场预计将在“十四五”期间发力，并于2024年开始进入GW级增长。

中国市场展望主要驱动与阻碍因素，2017-2026年



■ 陆上吊装容量(新增) ■ 海上吊装容量(新增) ■ 陆上机组翻新
■ 陆上并网容量(新增) ■ 海上并网容量(新增) ■ 并网缺口

渐弱 渐强

注：预测来源于MAKE于2017年6月7日发布的《2017年第二季度全球风电市场展望更新》报告，之后的各区域预测或根据市场动态变化有所调整。

短期市场预测，2017至2018年

2016年，三北地区和中东部和南部地区的市场占比基本持平。三北地区的市场占比从2015年的61%减少到52%，同比减少9个百分点。2017年和2018年，风电新增吊装市场向中东部和南部地区倾斜。三北地区新增吊装容量占比将于2017年首次跌破50%至41%，2018年略有回升到42%。

新疆、甘肃、内蒙古等三北地区传统风电大省未来两年新增吊装容量将出现大幅下降。一方面，能源局发布风电预警机制有意压制该地区在无法满足最低保障性收购小时的情况下过快的风电增速，转移风电增量市场；另一方面，弃风限电导致的过低的风电利用小时数和大幅的风电上网电价下调导致当地风电项目收益无法得到保障，开发商不得不寻找新的投资机会。

未来两年，三北地区风电发展重点将会向弃风状况较轻、风资源较为丰富的省份转移，比如河北、山西。然而，若不遵循市场发展机制，仅依赖于政策推动，这些省份或将重蹈覆辙，出现弃风限电加重，能源矛盾加剧等问题。

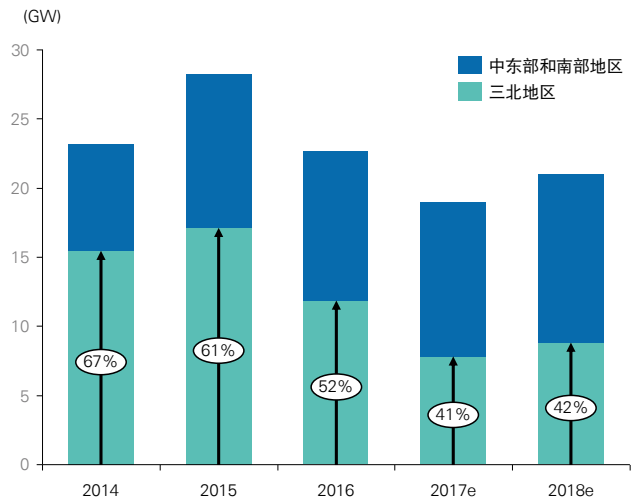
各省吊装容量预测，2017至2018年

由于消纳能力较好、电价水平较高，四类风区从2016年开始已经成为风电新增装机市场的重点发展区域，尤其是风资源水平相对丰富、建设条件相对较好的华东地区省份，例如山东、江苏。同时，开发商也将目光转向平均风速水平较差的低风速甚至超低风速地区，例如河南、湖南、湖北等华中地区，欲率先部署抢占省内相对较好的资源。

四类风区的短期优势在于除了个别省份（例如，山东）以外，其他省份还没有出现弃风限电现象，且目前相较前三类风区上网电价水平较高、调价幅度较小，从而在当前条件下可以维持在一个相对满意的项目收益。

然而，由于四类风区风资源条件有限、地形复杂、建设成本较高，且不宜发展集中式风电，长远来看，风电发展优势相对三北地区较弱。随着风电上网电价逐步下调，四类风区短期优势将会消失。MAKE预计未来三年风电发展重心将维持在四类风区，直到陆上风电上网电价出现新一轮的下调。随着三北地区的弃风限电现象逐步改善，风电增量市场重心将于2019年以后重新回到三北地区。

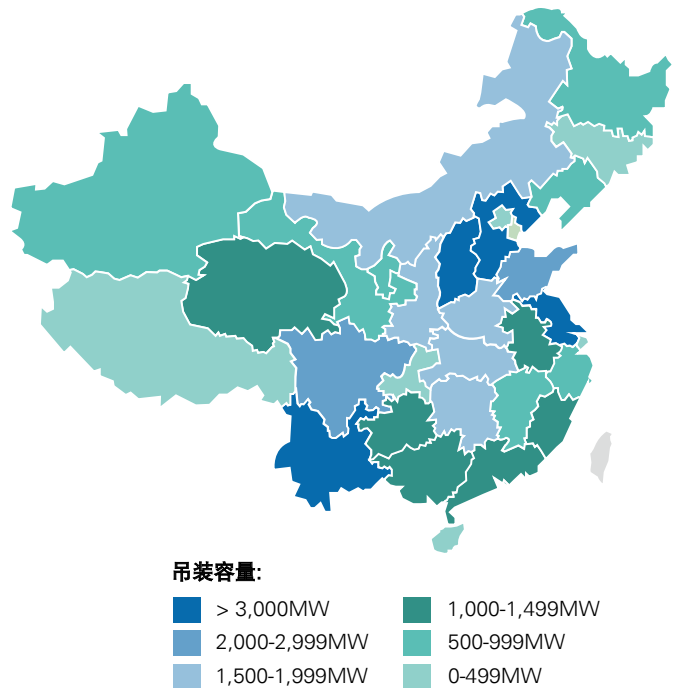
区域吊装容量分析，2014-2018e



注：2015年之前的吊装容量数据来源于中国风能协会(CWEA)。MAKE于2015年自行统计吊装容量数据。

数据来源：MAKE、CWEA

各省吊装容量预测，2017e-2018e



数据来源：MAKE

3.3 中国风电主要支持政策

风电发展“十三五”规划

2016年11月16日，国家能源局发布关于印发《风电发展“十三五”规划》的通知，规划中要求，到2020年底，风电累计并网装机容量确保达到210GW以上，风电年发电量确保达到420TWh，占全国总发电量的6%。

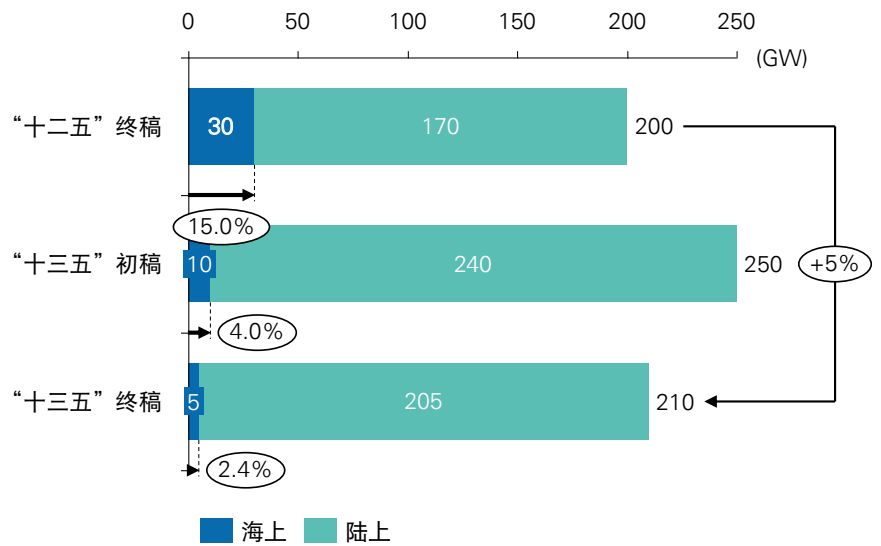
其中，三北地区陆上新增风电并网装机35GW左右，累计并网目标不易突破135GW。中东部和南方地区陆上新增并网容量42GW以上，累计并网容量达到70GW以上。海上风电累计并网5GW，海上风电开工建设规模达到10GW。除210GW常规风电项目并网目标以外，新增部署九大风电基地（均在三北地区），并依托特高压外送输电工程跨省区消纳40GW（含存量项目，但大部分项目尚未核准）。

“十三五”风电发展目标首次由“装机量”向“发电量”转移。解决弃风限电、加强风电消纳以及增加风电年发电量将作为“十三五”风电发展的主要方向。新增装机方面，发展目标向消纳情况较好、风电占比较低的中东部及南方地区倾斜。

然而，受到风资源、施工条件和人口密集度的限制，大部分的中东部及南方地区并不适合大规模发展集中性风电，而分布式风电投资成本高、难度大，起步晚，发展速度缓慢。MAKE预计42GW的新增并网难度较大。

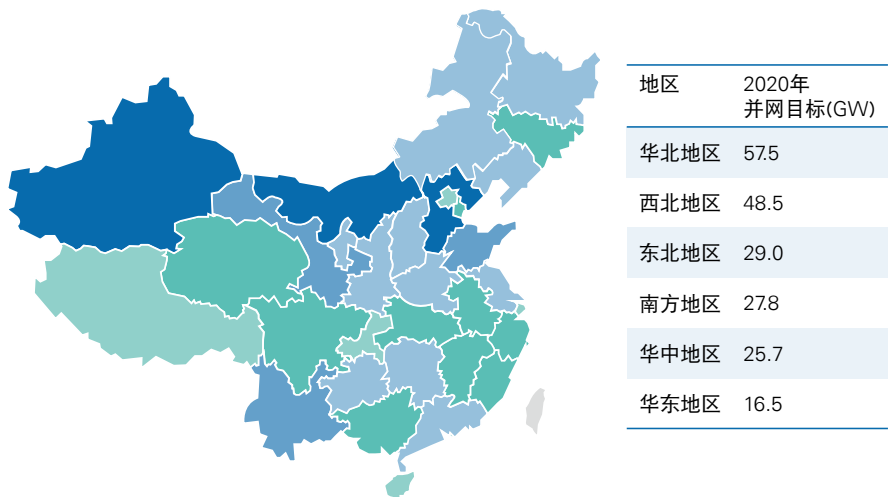
相对而言，三北地区在风资源以及施工条件上相对中东部和南方地区优势明显，虽短期受到弃风限电的影响，从长远的角度来看，项目收益较好。随着弃风限电现象有所改善，三北地区将重新成为风电发展重心。除此以外，随着多条特高压外送通道逐步运行，三北地区的大型风电基地（在建基地和已规划未开建基地）将有多批项目建成投产。MAKE预计三北地区（包括风电基地）累计并网将超过135GW。

“十三五”风电并网目标（2016-2020年）



数据来源: MAKE、NEA

风电发展“十三五”分省份发展目标



累计并网目标:

■ 16-20GW ■ 11-15GW ■ 6-10GW ■ 1-5GW ■ < 1GW

注: 上图目标划分按照能源局风电发展“十三五”规划将蒙西地区划入华北地区, 将蒙东地区划入东北地区。

数据来源: MAKE

全国风电开发建设方案

“十三五”期间，能源局将不再下发拟核准项目清单，而采用每年下达各省（区、市）风电拟核准规模的形式，由各省（区、市）编制和公布当年的拟核准项目清单。2016年3月21日，能源局印发《关于下达2016年全国风电开发建设方案的通知》，通知中发布了22个省（区、市）风电开发建设方案，总规模为30.83GW。同时，取消“十二五”期间安排的风电项目核准计划。考虑到吉林、黑龙江、内蒙古、甘肃、宁夏及新疆（含兵团）等省（区）2015年弃风限电情况，2016年暂不安排新增项目建设规模。其余各省（区、市）需根据年度开发方案编制并公布项目清单，包括预计项目拟核准时间、风电运行指标，及对本地电网企业相关管理要求等，并在发布当年完成项目核准。截至2017年4月30日，尚未有省份公开核准完成度。陕西、云南、浙江和四川省未公布其2016年的省内风电建设项目清单。

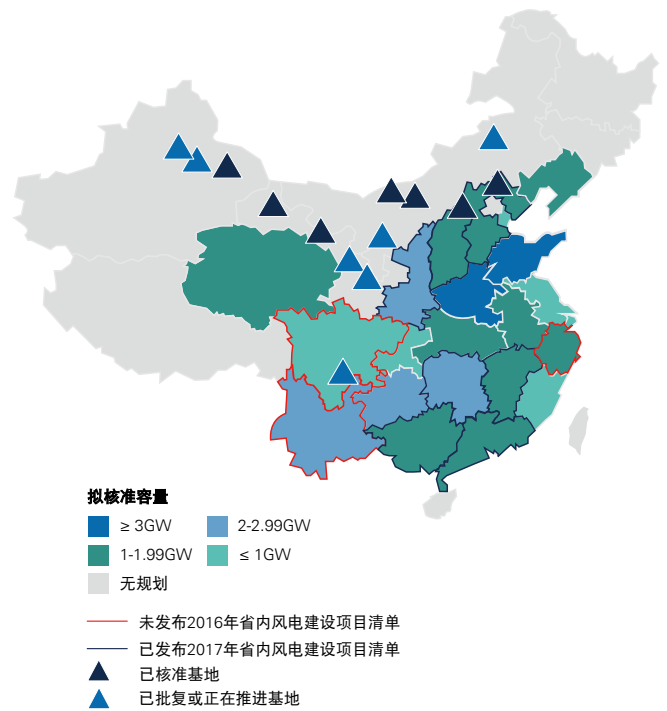
2017年全国风电开发建设方案预计将在6月底之前发布，但已有7个省份（广东、广西、江西、河北、湖北、山西和陕西）自行发布该省的风电建设项目容量及清单。从已发布的省份建设容量可以看出，除广东以外，其余省份的2017年的拟核准项目总量均翻倍甚至更多。MAKE预计受到电价下调附加条件的影响，2017年大部分省份的拟核准项目清单相对2016年均将会有大幅度的增长。不仅如此，2017年完成核准项目容量也将会大幅上升，其中包括已含在2016年风电建设项目清单但尚未完成核准的风电项目（更多信息请见下节“陆上风电上网电价下调”）。

陆上风电上网电价下调

2016年12月26日，国家发改委发布《关于调整光伏发电陆上风电标杆上网电价的通知》（以下简称“该通知”），此举为发改委连续第三年下调陆上风电标杆上网电价。发改委曾于2016年10月11日发布《关于调整新能源标杆上网电价的通知（征求意见稿）》，相较于征求意见稿中发布的陆上风电上网电价，该通知中二、三、四类风区相较于一类风区的电价下调幅度较小（见图中国风电上网电价概览）。

该通知下调了各类风区在2018年1月1日后新核准建设的陆上风电标杆上网电价。2015年12月发布的2018年上网电价将不再执行。该通知要求，2018年1月1日前核准并纳入2016年、2017年全国风电建设方案，并在两年核准期内开工建设的项目，方可执行2016年电价，其余未满足要求的项目将执行2018年电价。该通知同时将云南省从四类风区调整为二类风区，上网电价从2016年的0.60 RMB/kWh降至2018年的0.45 RMB/kWh，下调幅度25%。其余省市的风区划分保持不变。

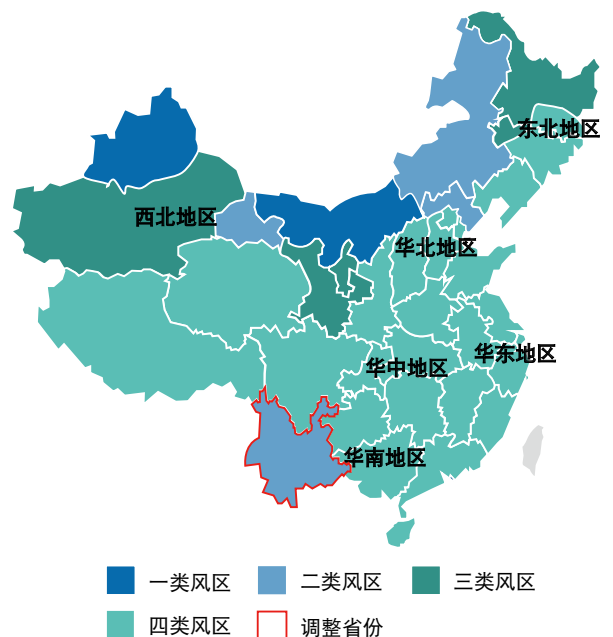
2016年和2017年风电开发建设方案，截至2017年4月30日



注：陕西省没有发布2016年省内风电建设方案，但已发布2017年省内风电建设开发方案。

数据来源：MAKE、CREEI、NEA

中国风区划分概览



注：各省份的风区划分或不准确。

数据来源：MAKE、NDRC

2016年电价执行条件将不以项目的吊装或并网作为节点，因此，MAKE预计2017年将不会有行业认为的潜在的抢装出现。然而，与前两次电价下调执行条件不同，该通知要求风电项目需纳入2016年、2017年全国风电建设方案，方可执行2016年上网电价。因此，作为可以享受旧电价的最后一年，MAKE预计今年风电项目核准速度将会加快，且将会有大量的待核准项目纳入2017年各省风电建设方案当中并完成核准。考虑到上网电价或将在2、3年之后进一步调整，该核准潮或将延续到2018年和2019年。受到开工截止年限的影响，大量风电项目将从2018年底开始开工，并于2019年和2020年完成吊装并网。因此，2019年和2020年的新增吊装量将有所提升，但并不会出现抢装现象。

考虑到云南省风资源丰富且弃风限电有限（尽管弃风率在云南年复一年的GW级发展后或将增加），云南省从四类风区调整为二类风区更为合理。在2018年新电价执行后，云南风电项目的内部收益率或将由11.5%降至7.1%（假定其它影响因素保持不变），降幅达4.4个百分点，但在建设成本降幅可达10%的情况下，平均项目收益率将有望提升至约9%。因此，为了获取高电价，开发商或将抓紧在2017年完成项目核准。虽然风区的调整将会对当地的风电投资带来严重的影响，但考虑到云南省较低的弃风率和优越的风资源，云南省预计未来几年仍将保持相对稳定的年新增量。

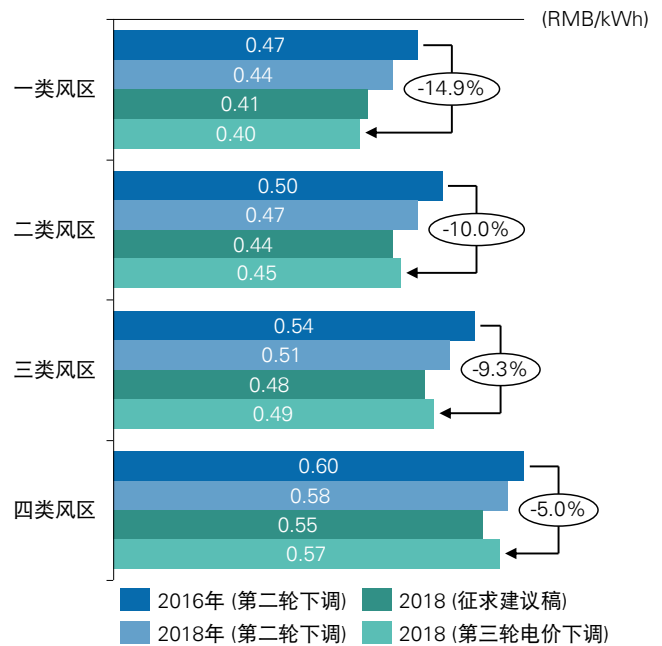
全国风电投资预警机制

2016年7月18日，国家能源局印发《关于建立监测预警机制促进风电产业持续健康发展的通知》（以下简称该通知）及2016年全国风电投资监测预警结果。该通知中将风电开发投资风险预警的指标体系分为政策类指标、资源和运行类指标、经济类指标三大类，共七项指标。该通知旨在引导风电市场保持理性且可持续的投资，尤其是在大多数风资源充裕的省份经历了过度且无序的开发建设投资而产生了严重的弃风限电现象以后。

在预警机制框架下，各省份评定的预警程度由高到低分别为红色、橙色、绿色三个等级。对于预警结果为红色的省份，能源局在发布预警结果的当年不下达年度开发建设规模，电网企业不再办理新的并网手续；预警结果为橙色，表示风电开发投资具有一定风险；预警结果为绿色表示正常。能源局每年定期发布监测预警结果，上一年度的预警结果将引导各省当年的风电投资。

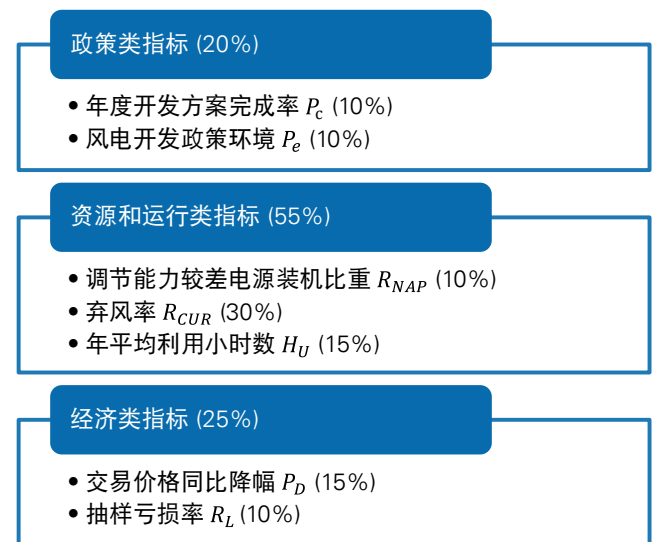
中国国家能源局于2017年2月22日发布《关于2017年度风电投资监测预警结果的通知》。甘肃、新疆、宁夏、吉林和黑龙江连续两年被列为风电开发建设红色预警区域。内蒙古从2016年橙色预警区域调整为2017年红色预警区域，而河北省则从橙色预警区域调整为绿色区域。

中国风电上网电价概览



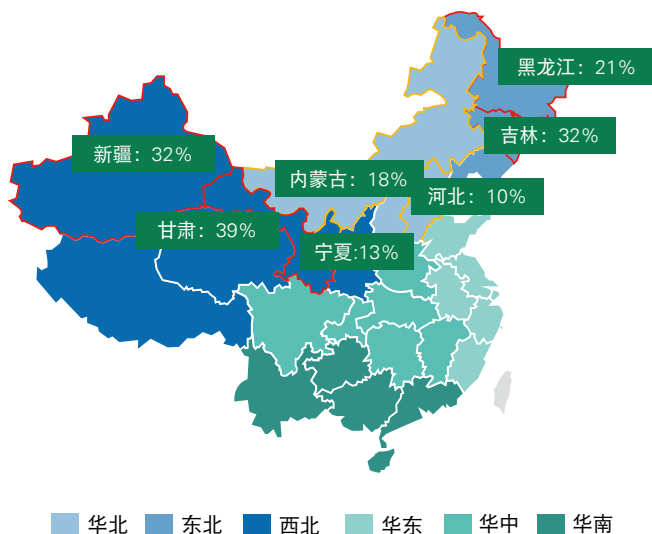
数据来源: MAKE、NDRC

风电开发投资风险预警概览



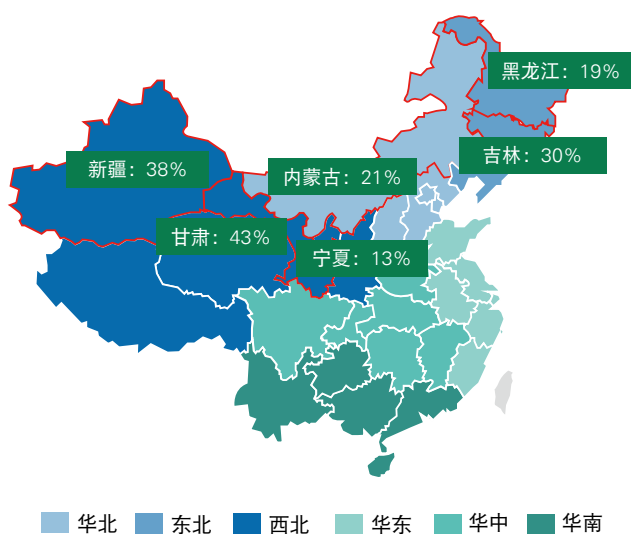
数据来源: MAKE、NDRC

2016年度风电投资监测预警结果



数据来源: MAKE、NEA

2017年度风电投资监测预警结果



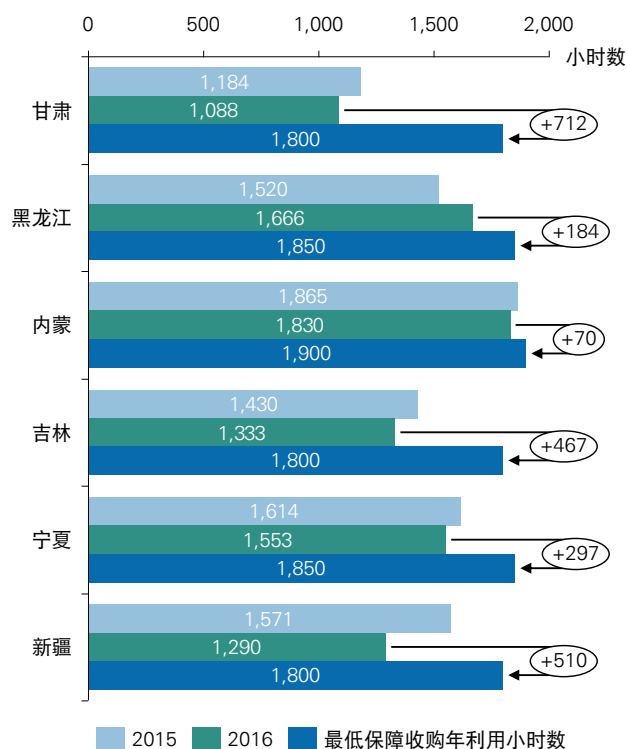
数据来源: MAKE、NEA

相较于2016年的惩罚措施, 2017年预警结果惩罚措施则更为严格。列为风电开发建设红色预警区域, 不得核准建设新增风电项目, 电网企业也不得受理其新增并网申请, 并明确表明包括在建、已核准和纳入规划的项目。不仅如此, 对于弃风限电现象最为严重的新疆省和甘肃省, 能源局同时提出暂缓建设新疆准东(5.2GW)、吐鲁番“百里风区”(6.8GW)及酒泉二期第二批风电项目(5GW)。

受到红色预警结果的影响, 六省(均属三北地区)的新增风电吊装容量将大幅下降。其中, 内蒙古与新疆作为传统的风电大省, 每年的吊装与并网容量均较大, 预计两省的装机降幅将最明显。《通知》进一步推动风电开发重心向风资源较好、弃风率较低的省市转移, 如河北、山西与山东。能源局提出加快推进河北承德二期风电项目(2.87GW), 并确保其于2017年底全部并网运行。除此以外, 湖南、湖北、河南等低风速地区也将成为开发商关注的焦点。

由于能源局禁止红色预警省份当年新增并网, 已核准或在建项目的开发商或因前期注资较大而面临严重的资金周转压力。地方政府也将面临难题, 暂停建设风电项目或意味着难以借此实现GDP发展目标, 并保证较高的就业率。从2016年的执行程度来看, 预警机制的约束力并没有得到充分的发挥。以宁夏与新疆为例, 尽管两省被划入红色预警区域, 却在2016年分别新增了1.2GW、0.85GW并网容量。因此, 2017年度风电投资监测预警结果对市场发展的影响如何, 仍有待观察。

风电利用小时数分析



数据来源: MAKE

3.4 非水可再生能源配额制

2016年2月29日，能源局发布《关于建立可再生能源开发利用目标引导制度的指导意见》，该意见给出了2020年各省（自治区、直辖市）行政区域全社会用电量中非水可再生能源电量最低比重指标。

2017年4月10日，能源局发布《关于2016年度全球可再生能源电力发展监测评价的通报》。通报中显示，截止到2016年底，全国非水可再生能源电力消纳量为371.7TWh，占全社会用电比重为6.3%，距离实现2020年全国平均目标差2.7个百分点。

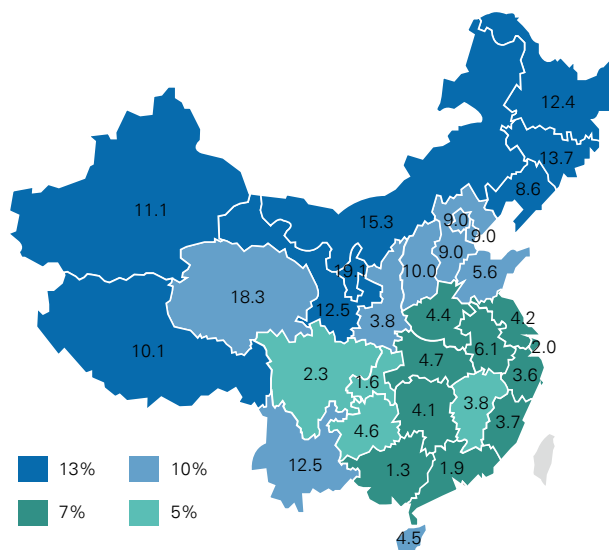
其中，有6个省份已经完成或超额完成2020年消纳比重目标，分别为青海、宁夏、云南、内蒙古、吉林和山西。9个省份距离目标差额超过3个百分点，其中陕西省距离目标差额最大，达6.2个百分点。

凭借丰富的风资源及光伏资源，西北地区已成为中国风电及光伏发电的发展重心。2016年，即使是在弃风限电问题十分严重的情况下，西北地区各省份的可再生能源发电量占比已经非常接近甚至超过2020年配额制指标，而中东部和南方地区，尤其是华东及华南地区，当前可再生能源发电量占比与目标发电量占比之间仍存在较大缺口。由于中东部和南方地区当前没有弃风限电现象，可再生能源配额目标将通过自建非水可再生能源项目或购买可再生能源电力证书来实现。然而，对于尚未完成2020年消纳目标的省份来说，为了达成省内经济发展和就业率等指标，通过自建可再生能源项目来完成目标占比将作为首选方式，而不是从可再生能源电力过剩的三北地区省份购买可再生能源电力证书。

国家能源局曾于2016年4月22日发布《关于建立燃煤火电机组非水可再生能源发电配额考核制度有关要求通知意见的函》（以下简称《函》），要求到2020年，燃煤发电企业非水可再生能源发电量与火电发电量比重达到15%以上。对于没有完成配额要求的燃煤发电企业，将取消其发电业务许可证。该政策旨在减少对火电的投资，并推广可再生能源绿色证书交易机制。该《函》要求相关部门（包括各大风电开发企业）于2016年5月3日前提供反馈。然而在此《函》四月份发布以后并没有进一步的消息。对于绝大多数的开发企业（“国电”除外）而言，在短期内实现该目标将是项巨大挑战。考虑到惩罚机制或将导致发电业务许可被取消，开发企业对该政策的可行性提出质疑，导致政策发布迟迟没有消息。

2017年1月18日，国家发改委、财政部、国家能源局发布《关于实行可再生能源绿色电力证书核发及资源认购交易制度的通知》，作为2020年配额制目标的配套政策。目前绿证将通过自愿认购的形式展开，但预计将于2018年开始启动强制约束交易，届时，MAKE预计燃煤发电企业配额考核或将同期发布，并作为可再生能源绿色电力证书以及非水非再生能源配额制的配套措施之一执行。

2016年各省非水可再生能源电力消纳情况与2020年非水可再生能源消纳目标



第四章 区域市场分析



4.1 中国海上风电市场分析

中国海上风电概览

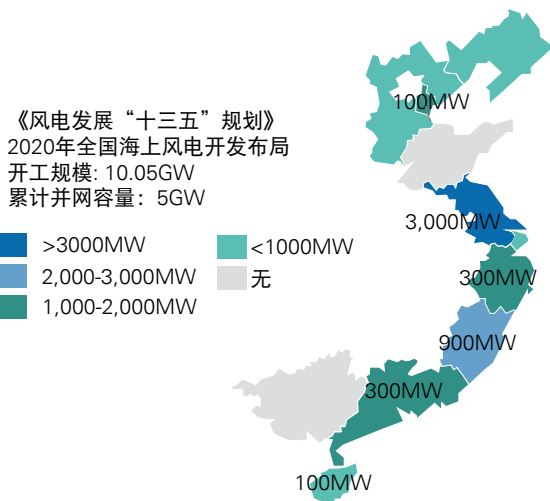
中国于2009年启动海上风电项目规划工作，包括沿海十个省市的风电规划。其中，上海，江苏，山东，河北，广东，辽宁（大连）、海南最先完成海上风电项目规划并获得国家批复。

2012年，国家能源局在《风电发展“十二五”规划》中提出，2015年投入运行海上风电装机容量为5GW，2020年为30GW。然而，由于缺乏海上风电开发建设经验以及有效和完善的机制，海上风电发展进程缓慢。截至2015年底，中国累计海上并网容量792.5MW，仅完成了“十二五”期间制定目标的15.9%。为了引导海上市场理性发展，2016年12月，国家能源局发布的《风力发电“十三五”规划》，将2020年海上风电并网目标从30GW下调至5GW，降低83.3%。

2016年，中国海上风电新增吊装和并网容量分别为607.1MW和689.8MW，同比增长48.1%和96.2%。截至2016年底，海上累计吊装和并网容量分别为1.53GW和1.48GW，全部来自江苏、上海和福建省。其中，江苏省的海上风电项目占全年新增吊装容量的76.8%。

截至2017年3月31日，共有8个海上风电项目在建，共3.1GW，分别分布在江苏、福建、河北、浙江、广东和天津。其中，江苏省海上风电在建容量占全部在建容量的48.5%。

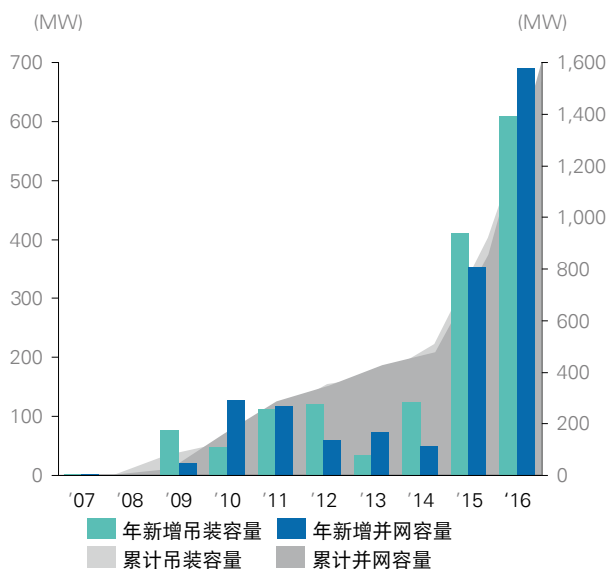
中国海上风电开发建设规划



注：上图颜色深浅表示2020年海上风电开发布局开工规模，数字代表2020年并网目标，若省份不带数字则表示没有并网目标。

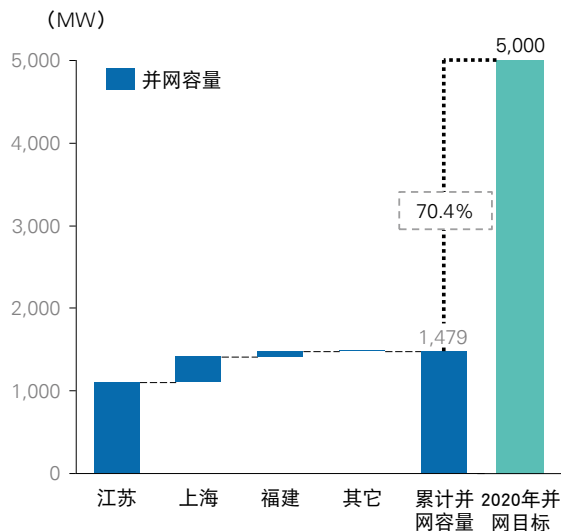
数据来源: MAKE

中国海上风电容量，2007至2016年



数据来源: MAKE

2016年各省份海上累计并网容量

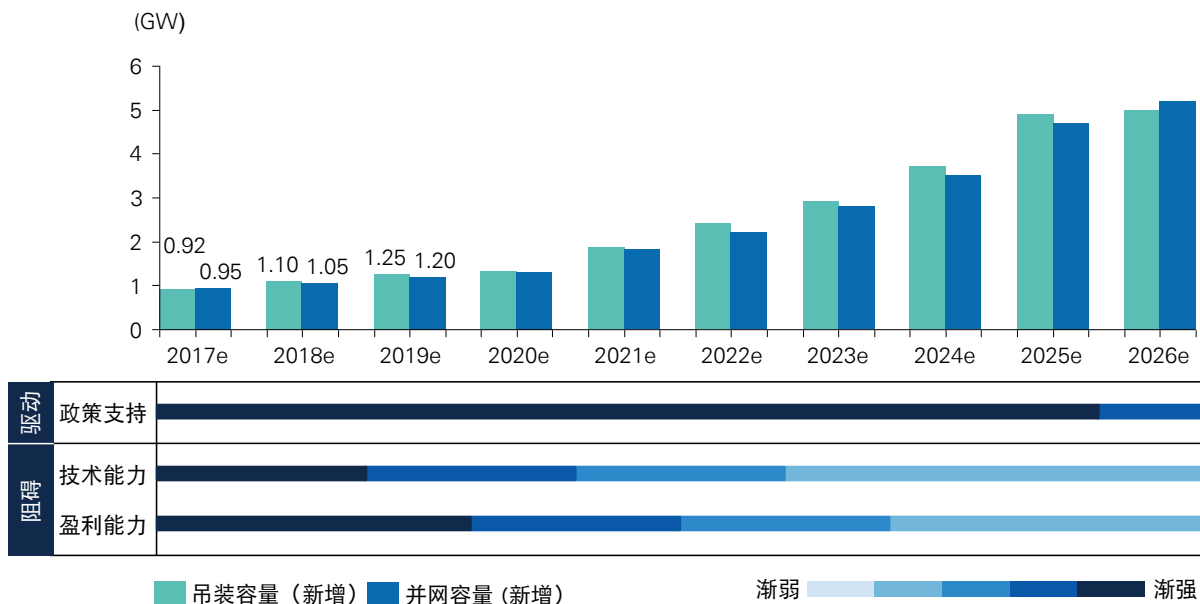


数据来源: MAKE

中国海上风电市场展望

从2016年开始，中国海上风电市场活跃度显著提高。一方面，由于陆上电价下调以及弃风限电，开发商项目收益下降。另一方面，国家发布海上风电目标，推动市场发展。MAKE预计未来中国海上风电将保持稳步上升的发展趋势。预计2017年，市场活跃度将进一步提高但新增装机限在1GW以下。2018年及以后，中国海上风电市场将进入GW级增长，预计在2020年将分别达到累计吊装和并网容量6.1GW和6.0GW。2020年以后，随着管理机制进一步完善，开发经验进一步成熟以及建设成本进一步下降，中国海上风电将进入快速发展期，预计2026年海上累计吊装和并网将分别达到26.9 GW 和26.1GW。

中国海上风电市场展望主要驱动和阻碍因素，2017-2026年



注：预测来源于MAKE于2017年6月7日发布的《2017年第二季度全球风电市场展望》报告，之后的各区域预测或根据市场动态变化有所调整。

数据来源: MAKE

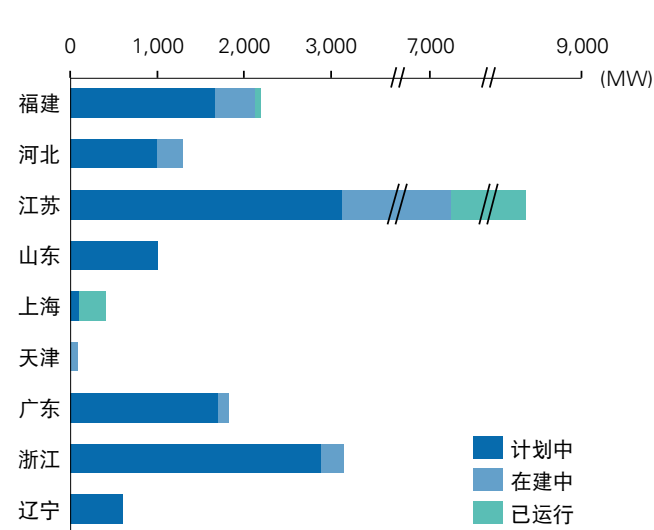
区域市场展望

“十三五”期间海上风电开发重点仍将集中在江苏省。一方面，江苏省的海上项目在“十二五”期间已经积累了一定的开发和建设经验；另一方面，虽然江苏省海上风资源条件一般，但较低的施工难度和建设成本可以让开发商获得一个较好的项目收益。随着风电开发和施工流程熟练，江苏省风电项目施工、吊装速度将会进一步加快。MAKE预计江苏省累计并网装机将占累计海上风电并网目标的50%以上。

福建、浙江和广东海上风资源丰富，尤其是福建沿海地区。目前，以上三省均在积极开展海上风电市场。然而，受到复杂地质条件以及极端天气的限制，目前仍主要集中在近海试验风场，以积累开发和建设经验。MAKE预计规模化的装机要等到2018年以后。

河北、山东和辽宁等其他省份目前也正在开始积极进行海上风资源评估和调研工作，但相对江苏、福建、浙江和福建的开发速度较慢。预计以上三省在2019年以前将会有至少一个试验风场投产。然而，受到相对较差风资源条件以及复杂地质条件的影响，该地区将不会成为短期内海上风电开发的重点。

各省份装机容量分析，截至2017年3月31日



注：各省份装机数字来源MAKE于2017年3月29日发布的《全球海上风电吊装项目数据库》，计划中项目仅包含项目名称及容量已确定的项目。

数据来源: MAKE

各区域内部收益率（IRR）分析

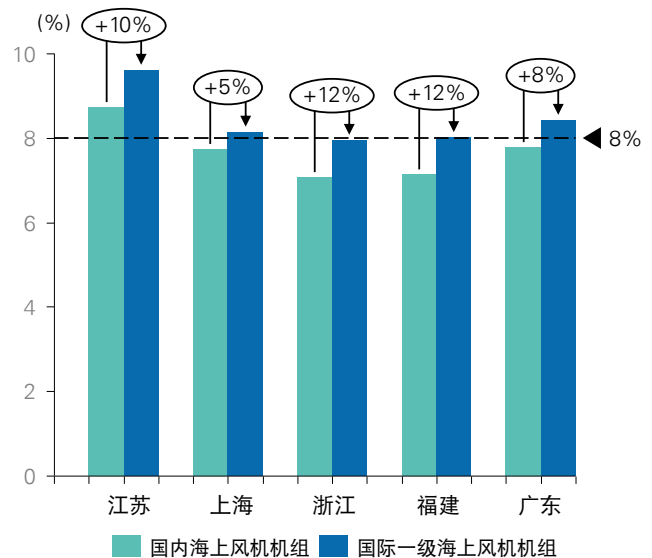
根据国家发改委于2016年12月28日发布的《关于调整光伏发电陆上风电标杆上网电价的通知》，对于非招标的海上风电项目的标杆上网电价保持不变，近海风电和潮间带风电项目的标杆上网电价分别为每千瓦时0.85元和每千瓦时0.75元，以继续积极推动海上风电发展。

MAKE选取“十三五”期间海上风电发展重点的五个省市，以200MW的近海项目为例，分析在采用分别国产海上风机机组和国际一级海上风机机组下的各省份项目内部收益率。

如图所示，各省市的内部收益率在6%-10%之间浮动。江苏省的平均项目收益水平最高，得益于其较低的建设成本。而浙江省和福建省由于受到复杂地形和极端天气的影响导致建设成本偏高，内部收益率跌破8%，仅仅在6.5%至7.1%之间浮动。

由此可以看出，在海上风电高投入和高风险的情况下，8%左右的内部收益率不足以支持开发商开发海上风电的热情，尤其是在再考虑到潜在的重大质量隐患以及高额运维费用的情况下。建设成本的降低和风机质量的提高将成为推动海上风电进入高速发展的重要因素。

部分省份200MW近海风电场IRR分析



注：国内和国际风机机组均选择单机容量4.0MW风机机组。

数据来源：MAKE

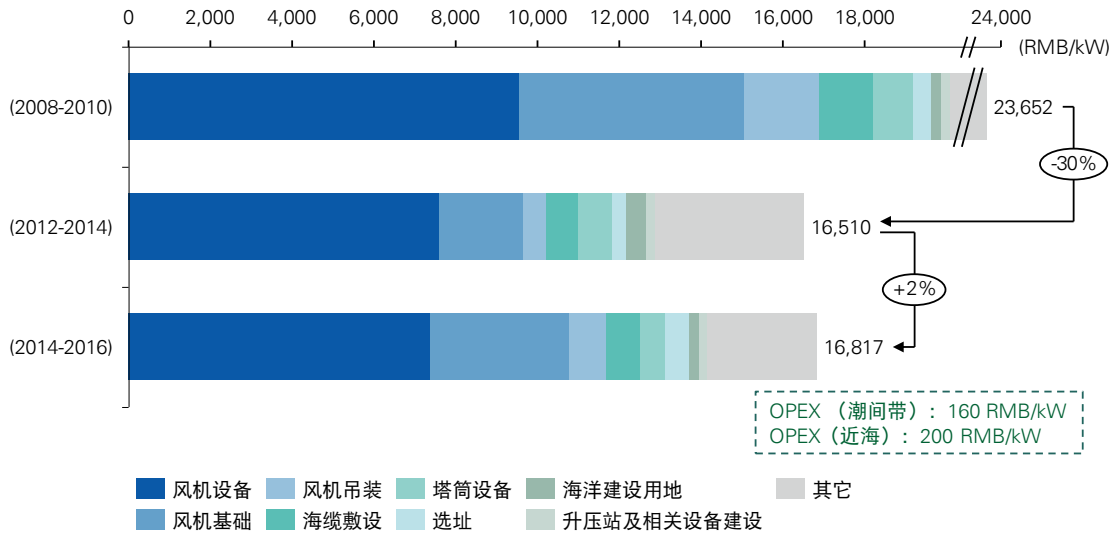
阻碍海上风电增长的重要因素

海上风电开发前期准备不足是影响海上风电发展的最根本原因之一。除此以外，不合理的规划布局以及不完善的海洋管理制度直接导致开发进度严重滞后。海洋布局相对陆上更为复杂，要考虑到地形地貌，海洋环境、海洋生物、航运、渔业、海缆敷设等一系列的问题，需要与多个部门进行沟通与协调，但粗劣的海洋风电场布局规划与其他行业的海洋空间资源相重合，各个行业和部门之间用海冲突不断。

开发经验的缺失以及高昂的开发成本仍旧是影响海上风电开发的主要原因。海上风电整机的研发经验不足，最初采用的改良式陆上风机如今饱受诟病。而海上大型兆瓦级机组的总体设计技术以及重要零部件技术都还刚刚起步。因地制宜的基础设计、施工技术、海上升压站以及海底电缆敷设技术也是一大挑战。技术规范 and 标准体系的缺失更是雪上加霜。

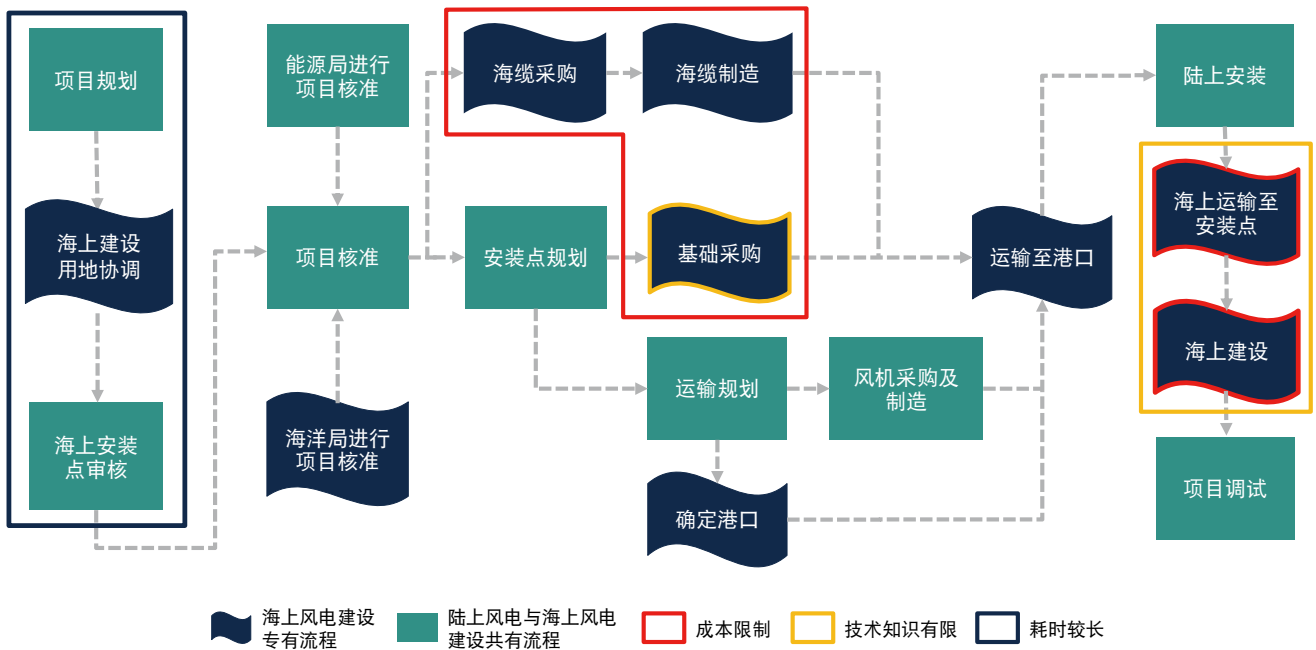
海上风电建设成本虽然呈下降趋势。但不同地区的海上建设成本可以达到陆上风电项目建设成本的两倍或两倍以上。尤其是福建、浙江等地区，由于海上风电发展刚刚起步，短时间内建设成本将不会出现大幅下降。除了整机的费用，海上风电建设有很大部分的成本支出用在了风机安装以及基础施工上面。由于海上安装经验非常有限、安装船施工船等专业施工设备不足，现大多是采取与海外海上风电较为成熟地区的施工公司合作的方式，成本节约的空间非常有限。因此，MAKE预计五年内海上风电建设成本下降幅度有限。除此以外，考虑到在恶劣自然条件下国产风机的可靠性以及日后潜在的维修难度，海上风电的运维成本也将维持在一个较高水平。

海上风电项目预估成本分析 (以100MW项目为例)



数据来源: MAKE

中国海上风电建设流程概览



数据来源: MAKE

4.2 中国运维市场分析

存量以及新增风电资产将支撑运维市场的稳定发展

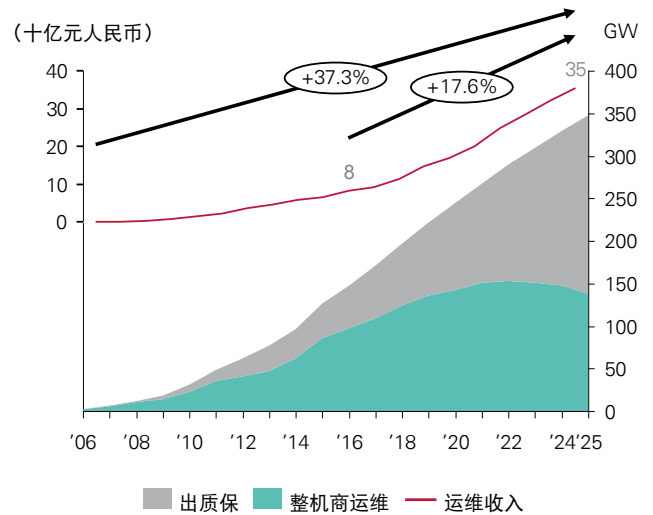
中国风电在经历了过去十年的飞速增长后，已经形成了一个巨大的风机存量市场。随着市场未来每年仍将保持稳定20GW以上的风电增量，中国将成为全球未来十年最大的风电运维市场之一，预计运维收入将从2016年的80亿元人民币增长到2025年的350亿元人民币。

中国国产风机质量较差，平均风机寿命为4.7年（这里指必须要更换大部件的年限）。由于早期国内供应链快速发展时遗留的技术缺陷以及制造缺陷问题，大量寿命超过五年的风机出现了稳定性较差的问题。此外，高风速和频繁的弃风（主要发生在三北地区）带来的停机导致的高疲劳损伤累积引起了更高的大部件故障率，比如齿轮箱、叶片的疲劳损耗。因此，大部件运维将成为运维收益的主要组成部分。

运维价值链的其它环节在中国市场的受重视程度不如其它区域市场，包括远程监控、技术支持与优化升级等。中国的运维收入与业主的侧重点倾向于减少停机时间密切相关，因此许多大部件即便出现重大故障，为了减少停机时间，业主也可能不会立即进行修复。

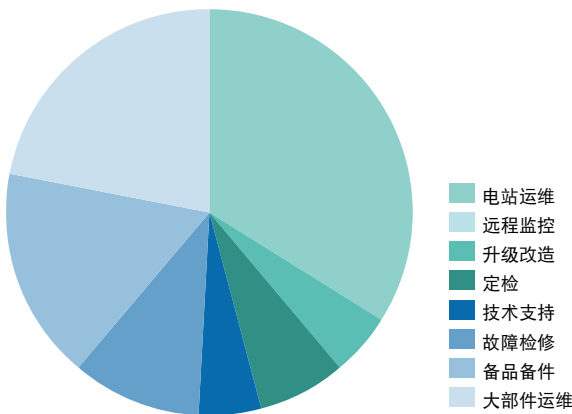
目前，中国的运维费用仅为西方国家运维费用的69.2%，一方面由于国内风机运行年限较短，对优化升级等增值性服务的需求较少；另一方面由于人工维修成本和备品备件成本较低。随着中国风机的数量不断增多，运行时间的延长，国内对合格技术人员的需求有所提升，在此情况下，MAKE 预计国内运维协议的价格在中短期将会上涨，但仍不会达到美国或欧洲的价格水平。非计划故障维修目前占中国总维修费用的54%，比西方国家少8个百分点，但随着风机运行时间的增加，预计该占比将会继续上升。

陆上风电出质保容量测算以及运维收入，2006-2025年



数据来源: MAKE

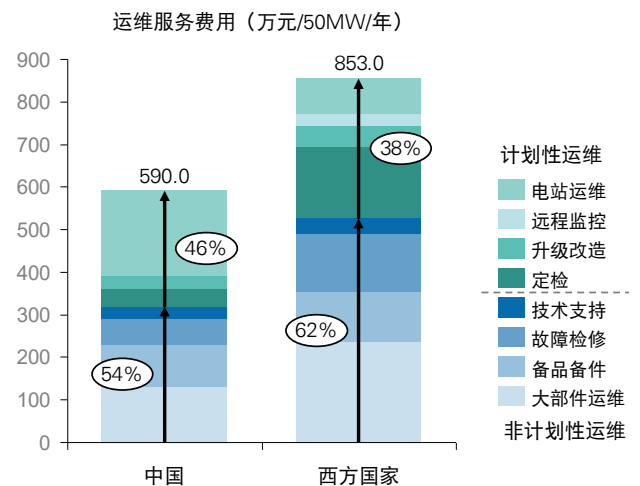
中国风场运维价值链分解



注：中国风电市场内“远程监控”这一价值链环节产生的市场份额为零。

数据来源: MAKE

中国风场运维费用分解



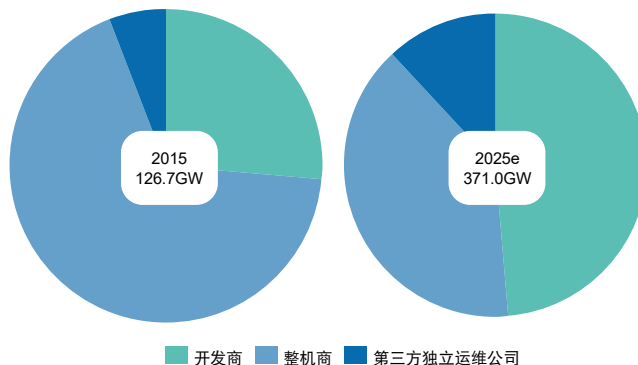
数据来源: MAKE

整机商、开发商和第三方运维团队竞争中国运维市场

随着运维市场的扩大，更多的公司希望可以进入运维市场占有一定的市场份额。目前，绝大部分的运维市场掌握在整机商和开发商手中。整机商凭借着机组研发优势、经验丰富、运维质量较高等优势占据了目前68%的运维市场份额。而开发商由于目前缺乏技术经验、采购渠道等原因，仅承担风场运行当中的常规简单的运维部分，而第三方独立运维公司目前市场混乱、低价竞争，承担个别门槛较低的运维环节。

预计到2025年，整机商的部分市场份额将被开发商和第三方独立运维公司瓜分。从开发商的角度来说，风电行业形成的规模经济为自营运维团队的建立提供了发展机遇，龙源、大唐、华能等大型国企开发商已经开始建内部运维部门来管控运维成本，同时积累风机运行经验。随着经验的积累，开发商内部运维部门将可以承担技术难度更高的运维环节，并有意去扩展其他开发商的运维业务。从独立第三方的角度来说，由于中国三北地区的累计吊装容量巨大，区域范围内的独立第三方运维公司或将借此发展区域性的经验丰富运维团队来抢占当地的市场份额。除此以外，独立第三方运维公司也可以通过提供项目运维服务，专注于大部件运维或备件运维来与整机商和开发商进行合作。

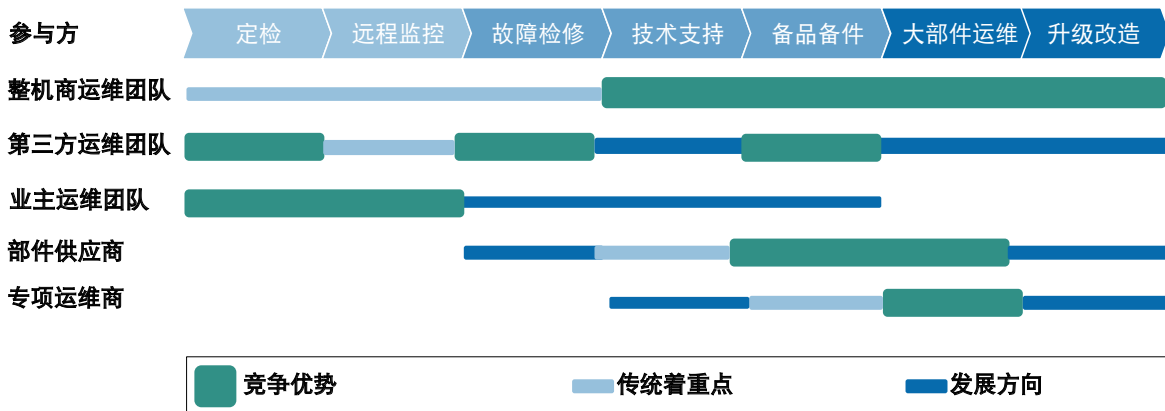
中国运维市场格局预测



注：数字分别指截至2015年和2025年的累计并网容量；市场划分包括常规运维在内。

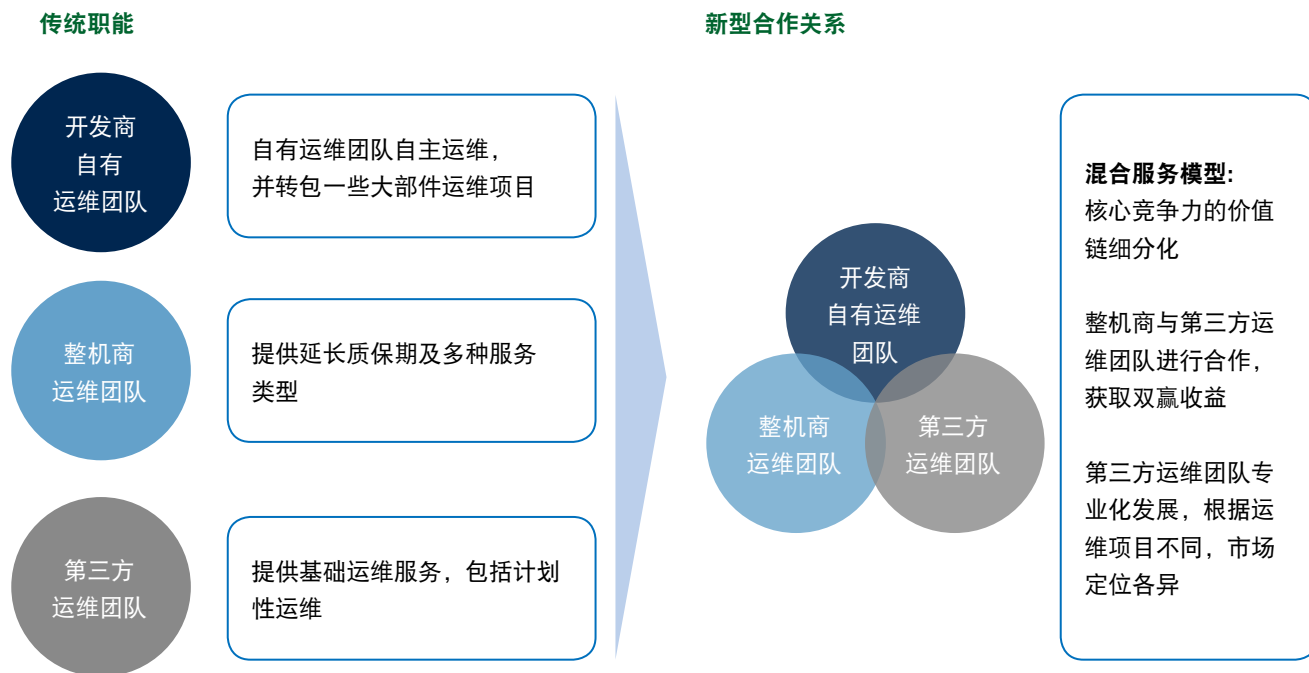
数据来源：MAKE

运维价值链竞争定位及战略重点



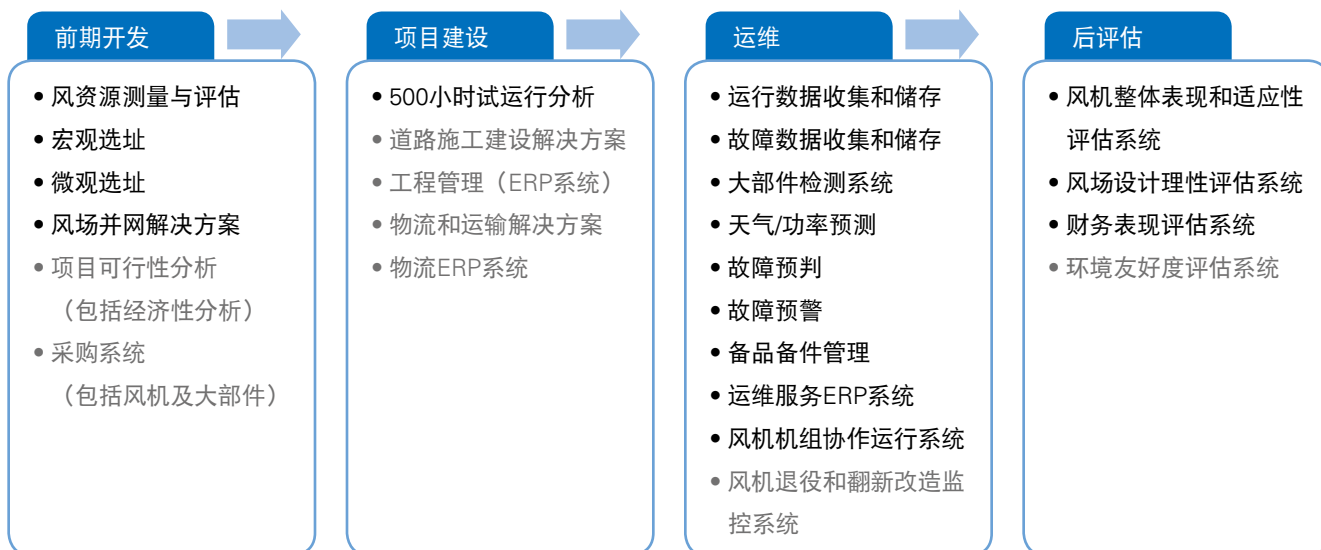
数据来源：MAKE

中国运维市场合作方式



数据来源: MAKE

大数据在风场全生命周期管理的应用



注: 灰色指目前缺失环节部分。

数据来源: MAKE

大数据在风电中的一个重要的应用是“智能运维”，包括运行和故障数据收集和储存、大部件的检测、实时天气和功率预测、故障诊断、故障预判等。其中，故障预判将成为监测系统的重要功能之一，也是大数据的重要应用领域之一。

大数据的关键应用在于帮助提供从被动运维转向主动运维的可能性。优化的故障后诊断可延长风机检修的周期，确定风机潜在故障，而非等到风机故障停机。诊断模型可令诊断专家从系统层面或子部件层面确定运维状态。故障预判则能够帮助用户提前发现退化趋势，估算资本构成的剩余周期，亦可帮助工程师及时规划优化适当的维修服务。诊断分析及故障预盘可节省数以万计的突发性维修费用，减少故障时间，通过预警预防性服务，延长零部件使用时限。

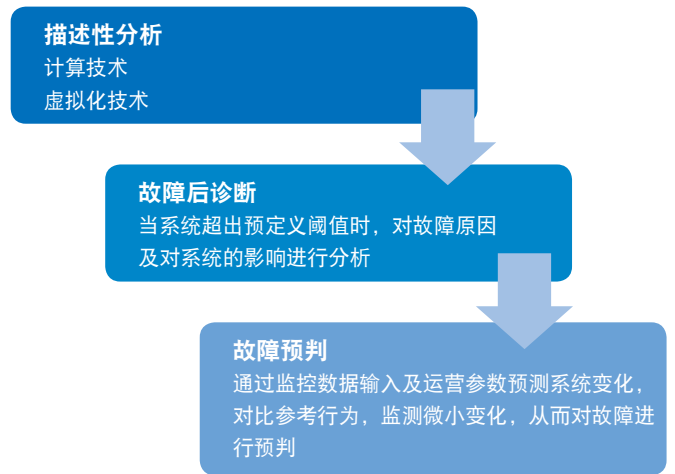
目前的运维模式仍主要停留在描述性分析和故障后诊断的阶段。而故障预判将成为未来运维主流分析模式也是风场智能运维不可或缺的一个环节。

现有大数据平台开发参与方

整机商	<ul style="list-style-type: none"> • 已有：金风、远景 • 在建：明阳、上气、华锐、海装
开发商	<ul style="list-style-type: none"> • 已有：龙源、大唐 • 在建：华能
第三方运维公司	<ul style="list-style-type: none"> • 已有：IBM, HP、清华同方、东润环能、岳能、大贤、中能远景、风脉能源、国电南瑞 • 在建：SAP、华为

数据来源: MAKE

数据应用分析的三个层面



数据来源: MAKE

大数据平台目前是大数据在风电应用的热点，例如龙源电力中能公司的大数据项目和远景的“格林威治”平台和“Wind OS”平台。第三方独立公司有北方大贤的“先见之明”云平台、东润环能的“能量魔方”云平台等。

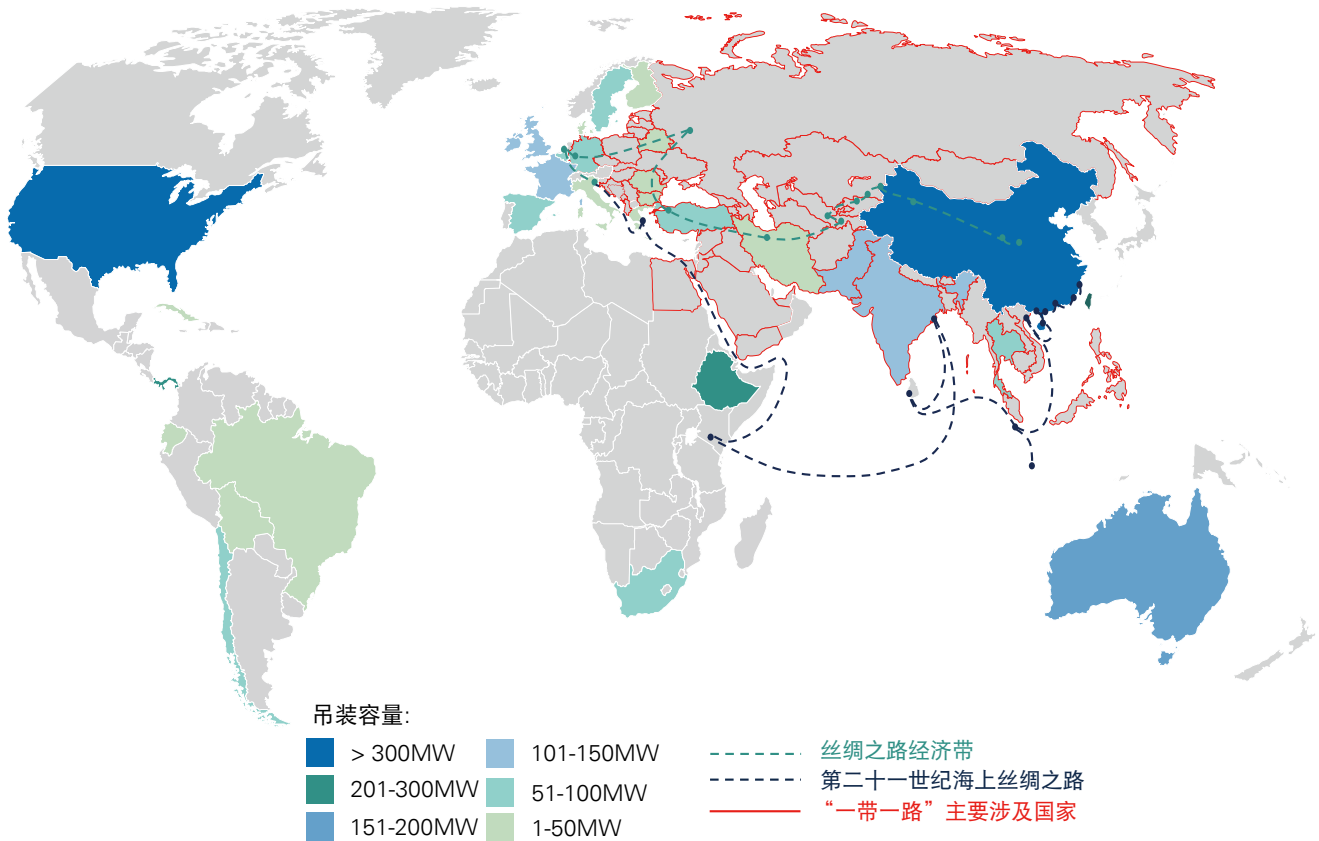
整机商和开发商在大数据平台开发上相对于第三方独立公司具有更大的优势。由于受到数据共享的限制以及各方盈利划分的冲突，第三方公司作为独立方的竞争力较弱，而更多的适合深耕部分环节或提供硬件配套作为互补力量与整机商或开发商合作竞争市场。

4.3 中国风电企业海外业务发展分析

风电海外业务发展现状

在2014年之前，开发商和风机制造商专注于国内市场的开拓，中国的海外发展十分有限，累计吊装量不足600MW。随着国家政策的激励，尤其是“一带一路”概念在2013年第三季度被提出以后，海外市场的发展于2014年出现转机。2015年，国家发改委、外交部、商务部联合发布了《推动共建丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路的愿景与行动》的方案，将“一带一路”上升为中国最高的国家级顶层战略，其中包括推进风电在内的可再生能源合作。至此，海外项目活跃度进一步提高。截至2017年3月31日，中国企业（包括开发商收购项目）累计海外风电吊装容量超过2.2GW。

风电海外发展分布图，截至2017年3月31日



注：累计吊装容量包括中国开发商的自行开发风电项目、收购项目以及中国风机制造商的吊装项目。
由于印度使用财年（当年三月到次年三月）装机吊装数据，这里仅包括截至2016年3月31日以前的项目。

数据来源：MAKE

国内风电企业发展战略

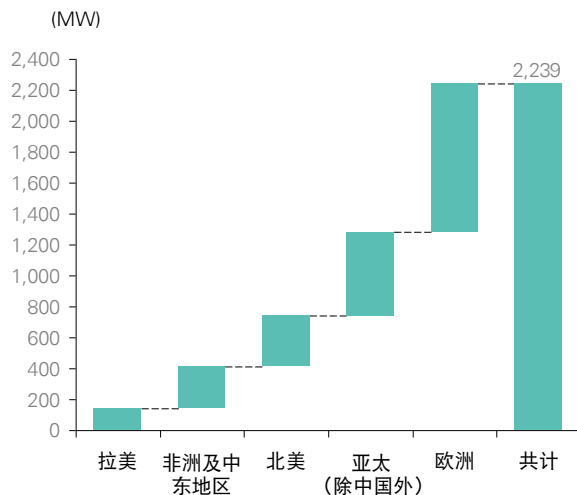
中国风电整机商和开发商分别采用不同的发展战略。整机商近几年的发展重心主要集中于拉美、东南亚等新兴风电市场，包括土耳其、巴基斯坦、俄罗斯、泰国等地区。这些地区海外投资的主要方式是通过为当地的风电开发提供融资服务，进而进行风机捆绑式销售；或独立开发风场，使用国产风机。在经济发展相对有限、不存在技术壁垒的风电发展中市场，当地政府及开发商由于没有办法获得足够的资金来实现独立风电场的开发及运行，非常欢迎来自中国企业的资金支持。即使当地政府及开发商能够独立开发风电场，相对风机的质量而言，风机的价格仍作为第一考虑条件，而这无疑是中国风电制造商的绝对优势。然而，这种方式在欧洲以及北美窒碍难行。首先，风电发展成熟地区对风机质量要求较高。其次，考虑到知识产权和认证壁垒的问题上，中国整机商在进入这些市场时也需要非常谨慎。

与风电整机商策略不同，开发商在拉美等新兴地区的开发战略主要采用自主开发或者与当地开发商合作的方式。在欧洲等成熟地区，则更多的采取直接收购风电公司或风电项目股权的方式，比如国投电力收购英国海上风电项目Beatrice和中广核收购Esperance项目股权。一方面，中国开发商收购欧洲的风电场，可以学习到欧洲成熟风电建设经验和运营经验。另一方面，欧洲的风电项目收益率相对国内而言较高，可以获得比较满意的收益。此外，大部分国企发电公司可以将风电项目作为试水，为之后各方面的合作打下基础，而不仅仅限制于风能。

风机部件供应商目前主要是通过跟着国内整机商一起走出去的方式，但也有部分部件供应商通过与海外整机商的合作加快海外发展速度。然而，和风机整机商的处境相似，大部分部件商仍然面临着产品质量不符合标准、市场接受度较差等问题。

中国的风电海外发展处于一个半被动式的状态，除去部分地区投资可以获得一定程度客观的项目回报，部分地区例如中亚、南亚的投资更多是政治驱动。这些地区的投资不稳定因素极多，战乱，政局混乱，或者双方政府合作中断都会造成项目极大的损失。但考虑到来自政府的压力，开发商也尽量选择较为合适的地区投资，来保证合理的项目回报。虽然为了相应国家策略，中国企业纷纷走向国外，但中国企业还没有获得海外市场（尤其是风电发展较为成熟的欧美地区）的认可。

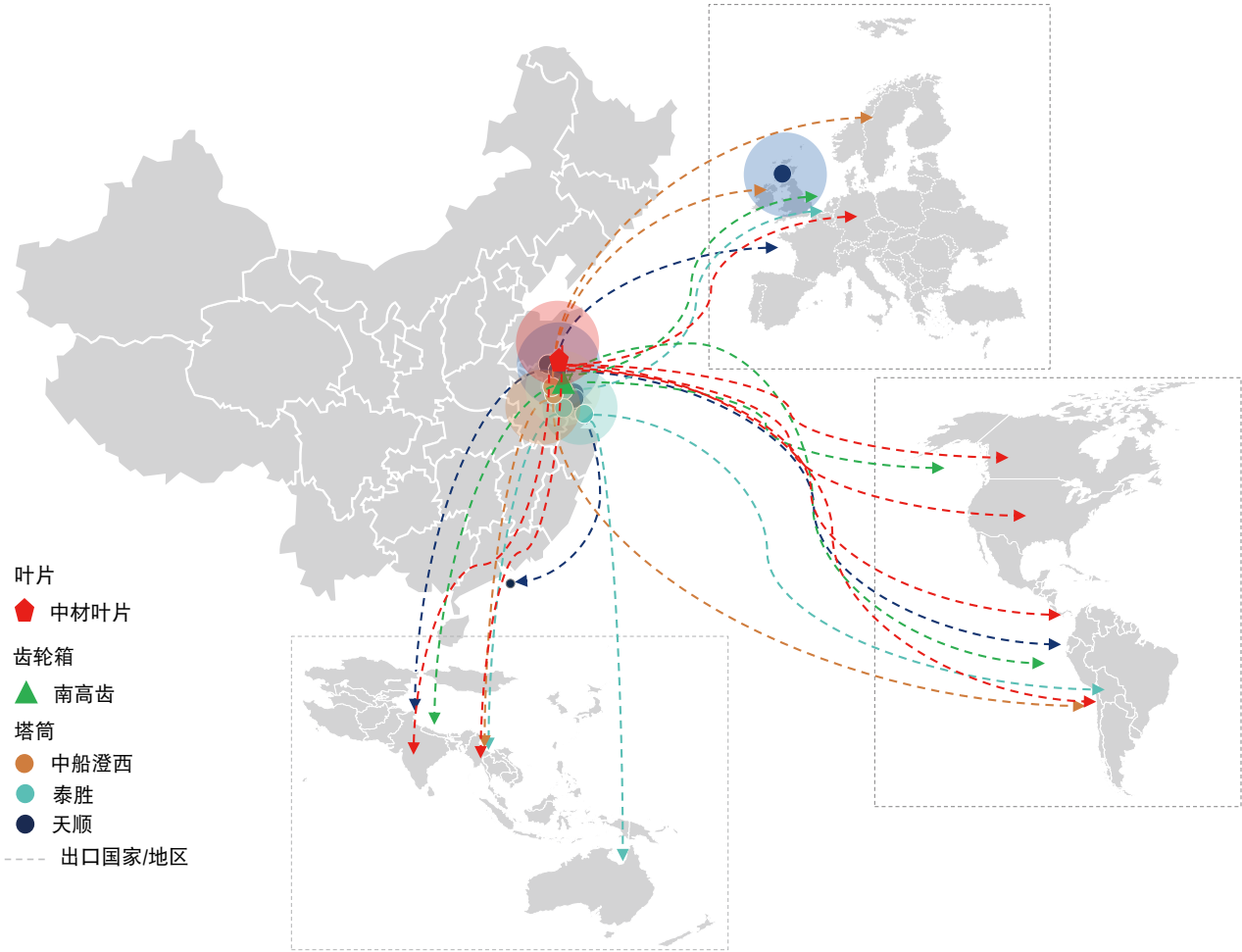
海外风电业务分区域累计吊装容量，截至2017年3月31日



注：累计吊装容量包括中国开发商的自行开发风电项目、收购项目以及中国风机制造商的吊装项目。由于印度使用财年装机吊装数据，这里仅包括截至2016年3月31日以前的项目。

数据来源：MAKE

主要部件供应商海外市场分布



数据来源: MAKE

第五章 德国莱茵 TÜV 风电项目管理解决方案



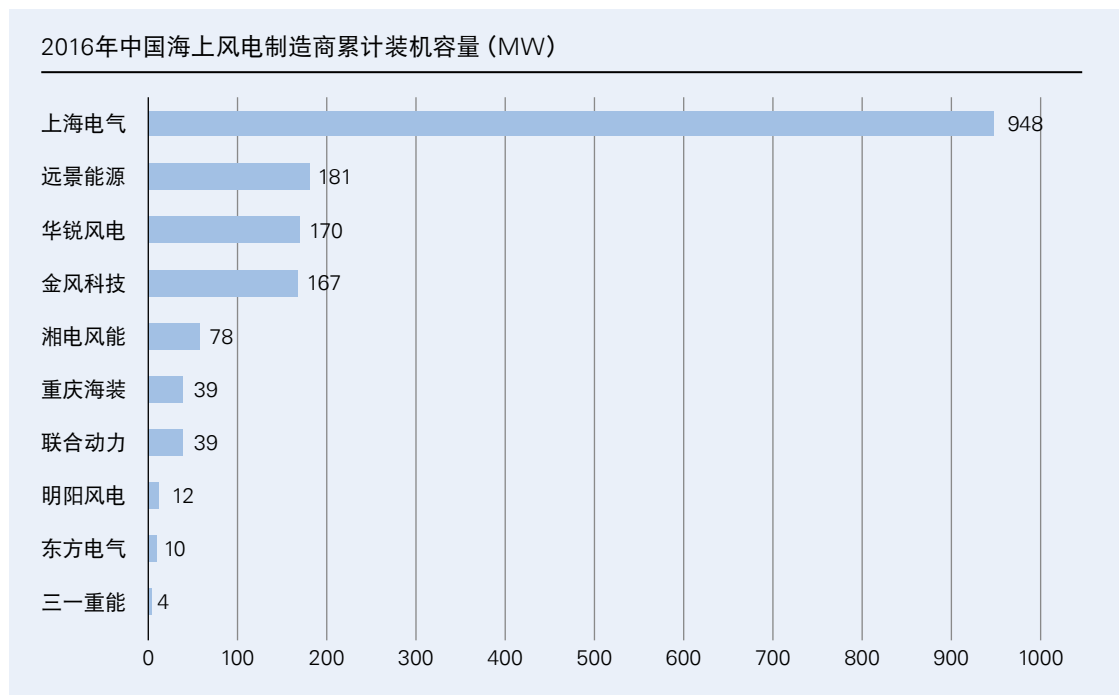
5.1 海上风电项目安全管理

5.1.1 中国海上风电行业现状和痛点

中国近海风能资源丰富，拥有18000多公里长的大陆海岸线，可利用海域面积多达300多万平方公里，是世界上海上风能资源最丰富的国家之一；据统计，中国可开发利用的风能资源初步估算为10亿KW，其中，海上可开发和利用的风能储量约为7.5万MW。

中国国家能源局发布了明确的海上风电规划，到2020年，中国海上风电开工建设规模达到1万 MW，力争累计并网容量达到5000 MW以上；同时，根据国家气象局风能太阳能资源评估中心数据显示，中国5米到25米水深线以内近海区域、海平面以上50米高度，海上风电开发潜力约2万MW。

2016年，中国海上风电新增装机154台，容量达到590 MW，同比增长64%；截至2016年底，海上风电机组主要供应商共10家，其中，累计装机容量达到150 MW以上的机组制造商有上海电气、远景能源、华锐风电、金风科技，这4家企业海上风电机组装机量占中国海上风电装机总量的90.1%，上海电气以58.3%的占比拔得海上风电机组供应量头筹。



数据来源：中国风能协会



风电行业在中国虽然近年来进步飞速，但仍处在一个比较前期的阶段，目前正处在快速扩张期，具有固有风险高、产业队伍综合能力亟需加强、本质安全与风险管理能力与行业发展速度不匹配、安全管理体系不够完善等问题，另外还有海上风机技术不成熟、海上安装技术不成熟、海上运营维护技术不成熟等，这可能都会导致整个海上项目存在巨大风险；另外一方面，目前中国在海上风电方面并没有专门的法律法规，现有海洋工程的法规主要还是针对海上油气开发。海上风电不能完全照搬油气的法律法规。缺乏健全的、专用的、明确的法律法规是海上风电的另一大风险。中国虽然近十年来积累了丰富的陆上风机经验和在2010年颁发了GB/T50571-2010海上风力发电工程施工规范，但是对于复杂的海上风电，主要还面临着以下挑战和痛点：

1. 海上风电建设起步较晚，基础设计、施工研究试验不足，建设进展缓慢。目前，中国海上风能资源评价工作还未系统开展，海洋水文测量、海底地质勘察工作也较薄弱，且这些工作条件艰苦、周期长，影响了海上风电场工程建设的顺利推进。
2. 职能部门之间的沟通和协调亟待加强，海上风电开发涉及多个领域，如海事局、海洋局、渔业管理部门、环保部门及地方政府等，各部门对发展海上风电的认识不一致，相关职能部门实际执行管理标准不一致，从而加大了前期工作周期。目前海上风电项目海域使用论证获得许可、通过海洋环评、通航安全论证的周期一般需要两年以上。
3. 技术标准体系有待进一步完善。目前，虽然制定了部分前期工作技术标准，但还未形成完善的标准体系，在工程勘察、施工、安装、运行管理和维护方面缺乏技术规范，难以对工程全过程实践实现有效指导，海上风电也面临技术风险和成本方面的控制。
4. 海上安全管理体系、风险管控较薄弱，安全意识淡薄；海上风电工程复杂，运行环境恶劣，施工难度大，技术要求高。
5. 海上运维存在海上交通复杂、大部件检修困难、运维成本高、危险系数高等难题。

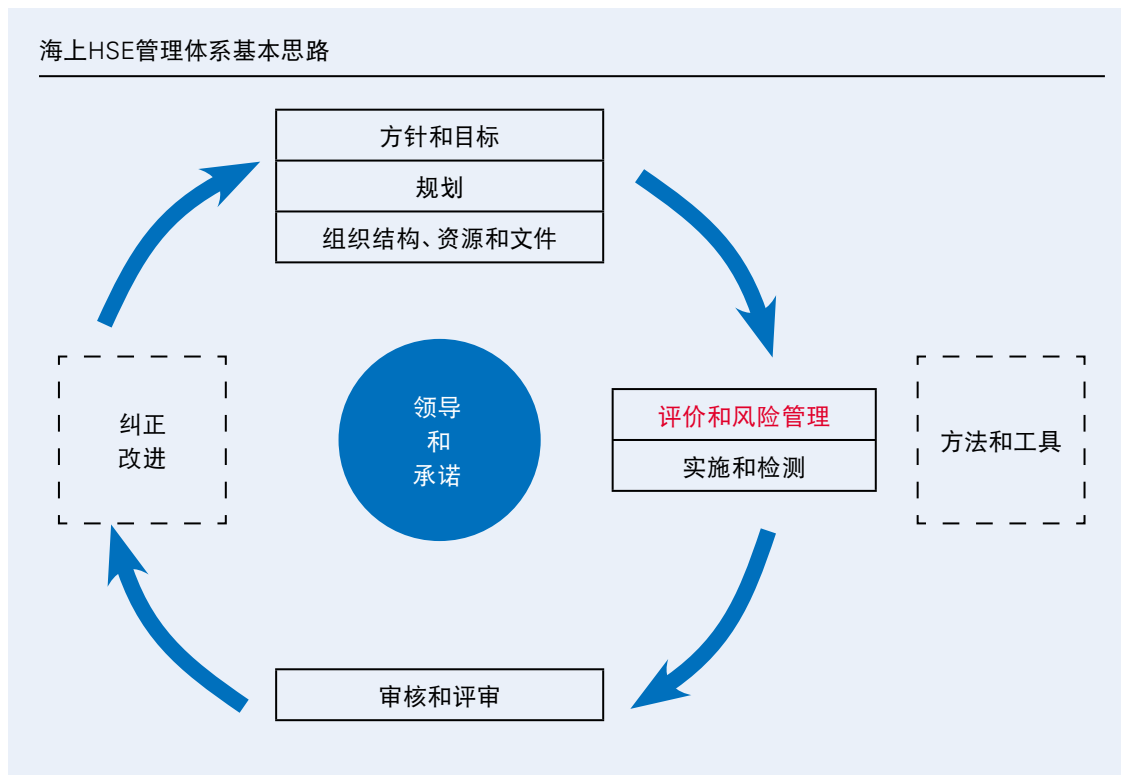
5.1.2 德国莱茵TÜV海上风电项目安全管理

依托欧洲海上风电行业十几年的发展，德国莱茵TÜV在海上风电场建设的HSE（Healthy, Safety and Environment）职业健康安全管理体系与环境管理体系上积累了丰富的经验，建立了较完善的管理体系和风险评估体制，结合国内目前海上风电场现状和实际运行，总结出从码头装载、海上运输、海上吊装、人员转运、调试运维等环节的海上安全管理模式。

5.1.2.1 海上风电项目安全管理

海上风电是未来行业发展战略重点，不管是业主、整机厂还是第三方服务提供方都在将发展战略从陆上风电向海上风电转移，除了海上风电本身具有的优势，海上风电更加接近中国东部沿海经济发达地区，不存在弃风限电问题，也减少了长距离的电力输送产生的损耗。海上风电场开发商、海上整机制造商、海上风电安装方以及海上风电运维提供商是其中最重要的参与者。TÜV莱茵可以根据客户不同的作业范围及需求提供定制化的海上风电作业安全管理体系服务。

海上HSE管理体系的基本思路是围绕领导和承诺，将组织实施健康、安全与环境管理的组织机构、职责、做法、程序、过程和资源等要素有机构成一个整体，通过先进、科学、系统的运行模式有机的融合在一起，相互关联、相互作用、形成动态管理体系。海上HSE管理体系突出预防为主、领导承诺、全员参与、持续改进的科学管理思想，海上风电安全管理体系是海上风电行业实现现代管理，走向国际市场的准行证。



数据来源：德国莱茵TÜV大中华区工业服务

5.1.2.2 海上HSE管理体系的目的、指导原则及结构特点

HSE管理体系即健康、安全及环境管理体系的形成和发展是石油勘探开发多年管理经验积累的成果，国际石油界的探索和事故推动发展了HSE理论；基于此将HSE理论体系引入到海上风电项目，帮助海上风电行业健康稳定发展。

该管理体系是以预防为主，并辅以领导承诺、全员参与及不断改进等科学的管理思想，是海上风电现代化管理的重要综合指导，为企业海上风电的发展提供了极大的帮助。

实行HSE管理体系的目的

HSE管理体系是为满足国家相关行业发展的健康、安全及环境管理需要应运而生的管理体系，其主要目的是通过科学的管理减少作业事故的发生、保障工作人员的健康和安全，在作业过程中严格控制对环境造成的污染，最大限度实现可持续发展，以保证企业发展目标、方针的顺利开展与落实。

HSE管理体系的指导原则

HSE管理体系引入风电行业，是国际海上风电行业重要的发展战略之一。海上风电行业在运用过程中必须强化其指导原则，以确保各项措施都有明确的指导依据。HSE管理体系主要有第一责任人、全员参与、重在预防、以人为本等四大指导原则，海上风电在进行海上作业时必须强化这四种指导原则的实践指导性，以保证安全生产。

建立成熟的HSE管理体系，不仅有利于企业自身管理水平的提升，更是综合竞争力的集中体现；运用安全管理、质量管理及相关的理论知识，对海上风电机组运输、吊装、调试运维各环节调研的基础上，帮助企业建立HSE管理体系及监督运行，确保企业海上风电项目健康稳定顺利发展，达到以下预期效果：

- HSE管理体系将海上风电建设、运维中所涉及的健康、安全及环境三方面工作整合在统一体系内，形成了整体性良好的工作体系，科学、高效的HSE管理机制，有效的保证了企业在海

上风电项目各项工作在体系框架下良好运行，为管理体系国际接轨及管理经验对海上风电行业发展具有启发和参考意义；

- 通过国内海上风电项目的实际运行结合其HSE管理实践，显示出现行的HSE管理体系是科学的、先进的，尤其在风险管理方面效果是显著的，但是在体系与现场工作相结合的过程中仍存在的一些问题，通过解决这些代表性的问题对HSE管理起到推动作用，这也是HSE持续改进的体现；

海上风电HSE管理体系结构特点：

领导层和职责中领导的承诺是该HSE管理体系的核心。承诺是HSE管理的基本要求和动力，自上而下的承诺和企业HSE文化的培育是体系成功实施的基础。

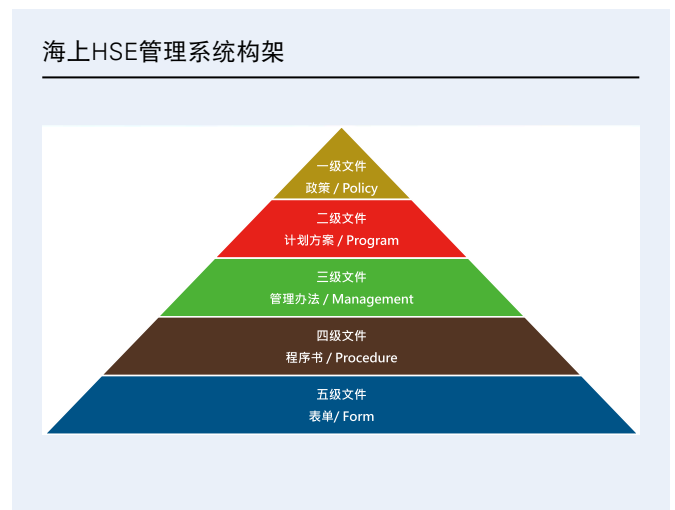
- 按PDCA循环模式建立，该HSE管理体系是一个持续循环和不断改进的结构，即“计划-实施-监督检查-持续改进”的闭环系统管理结构；使企业能够不断的自我提高优化，帮助企业可持续发展。
- 由若干个要素组成，关键要素有：领导和承诺，方针和战略目标，组织结构、资源和文件，风险评估管理，规划、实施和检测，评审和审核等。
- 各要素不是孤立的，这些要素中，领导和承诺是核心；方针和战略目标是方向；组织机构、资源和文件作为支撑；规划、实施、检查、改进是循环链过程。
- 在实践过程中，管理系统的要素和机构可以根据实际情况做适当调整。

海上HSE管理体系所体现的管理理念是先进的，这也是它值得在组织的管理中进行深入推行的原因。体现了以下管理思想和理念：

- 注重领导承诺的理念；体现以人为本的理念
- 体现预防为主、事故是可预防的理念
- 贯穿持续改进的可持续发展的理念



数据来源：德国莱茵TÜV大中华区工业服务



数据来源：德国莱茵TÜV大中华区工业服务



5.1.3 风险评估专家与风险管理概念及流程

Risktec Solution是德国莱茵TÜV集团旗下专业风险评估公司，专业提供风险管理和安全培训服务，致力于为企业提供健康、安全、安保与环境上管理上的咨询与培训，解决企业经营风险问题，涉及的行业包括石油和天然气，核能，石油化工，采矿和运输，可再生能源等领域。Risktec Solution多次参与英国海上风电建设，为SIMENS海上风电建设提供风险评估服务。Risktec Solution 参与了本次金风的海上风电项目，并提供了风险评估服务。

风险管理基本观念

- | | |
|---------------------------------------|------------|
| 1) 事件发生的机率或其影响是可以减少的 | 2) 风险分级与定级 |
| 2) 风险管理不是追求“零”风险，而是强调在可接受的风险下，追求最大的利益 | 3) 风险评估 |
| | 4) 风险减降 |
| | 5) 风险监测及控制 |

风险管理程序

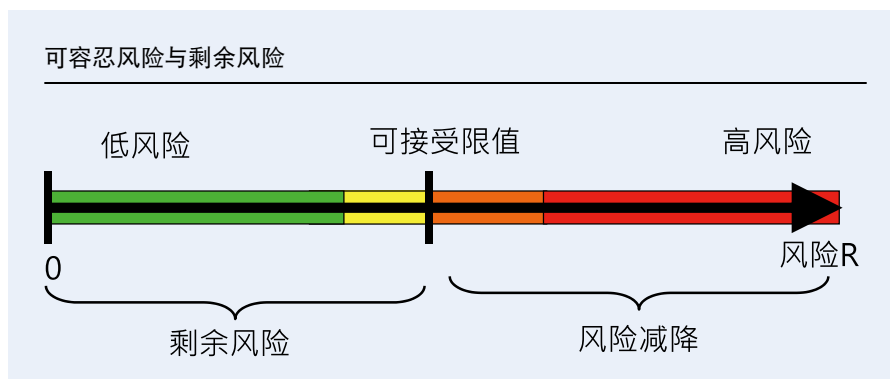
- 1) 危险源识别

5.1.3.1 可容忍风险与剩余风险

可容忍风险 (Tolerable Risk): 不同人群对不同水平风险的感受和承受是不同的。可容许风险标准是政府和企业进行安全决策的重要依据。

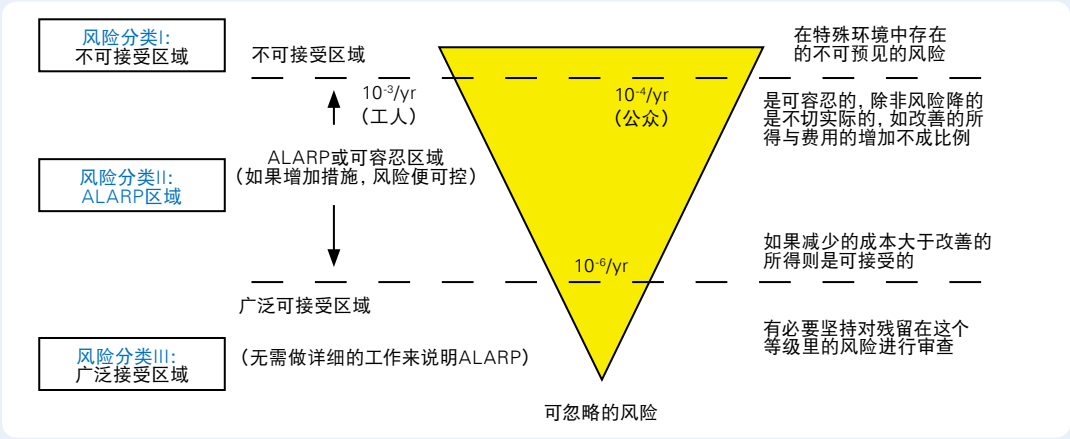
剩余风险 (Residual Risk): 在实施防护措施后还存在的风险。

风险减降 (Risk Reduction): 通过采取措施，减少风险的后果或降低其发生概率。

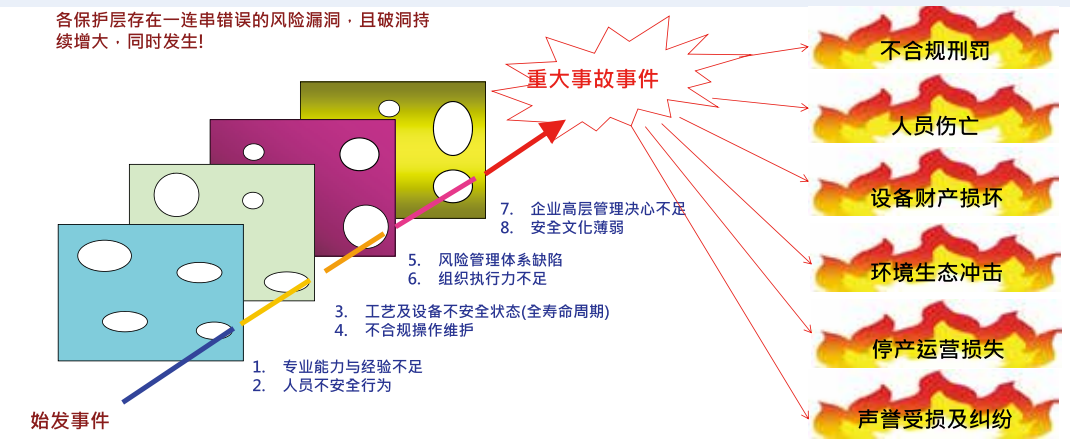


5.1.3.2 二拉平原则与风险管理流程

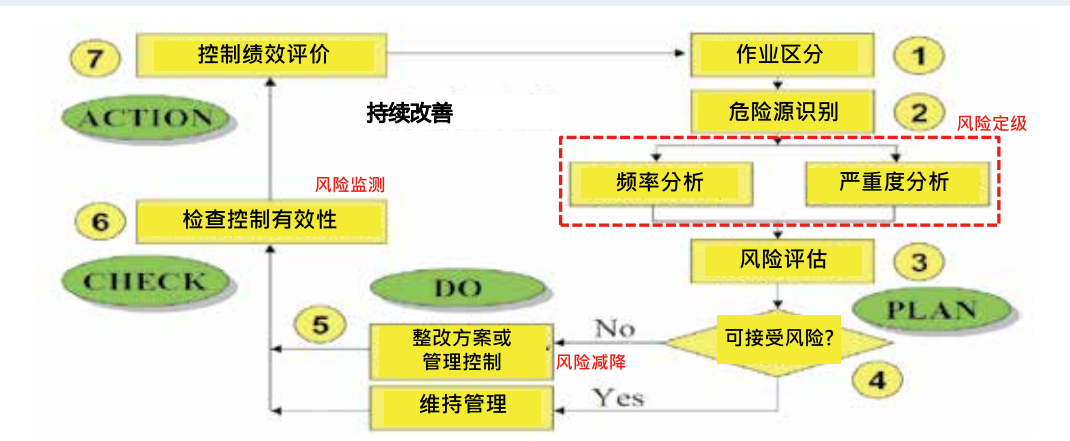
ALARP(As Low As Reasonably Practicable) 尽可能合理降低原则



海上风电项目可能面临的风险及损失 (瑞士奶酪理论)



海上风电安全风险管理体系



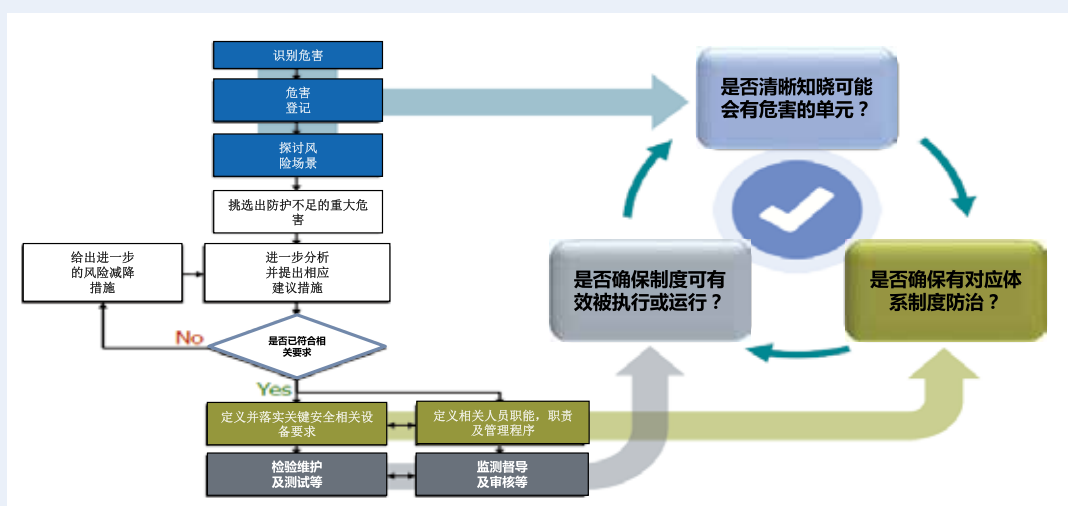


5.1.3.3 风险管理与风险评估的目的

风险评估是贯穿于海上风电整个项目周期过程中的，它旨在帮助海上风电项目建设的安全性以及高效性，同时在可行的情况下尽可能的降低项目风险（“二拉平”原则，ALARP）。

- 识别海上风电项目运输、吊装、调试及运维阶段中所有合理预见的重大的危害和可能的后果（如果被意识到）。
- 根据造成重大危害的原因及后果，制作一系列的预防措施。
- 确保被识别到的危害已经被相应的预防或减降，并且确保由这些危害带给人，环境，资产以及企业声誉的风险已经被降低到符合二拉平原则的水平之内。
- 针对预防与消减措施的不足之处给出一系列有效且可实现的补救措施建议。

风险评估工作流程



5.1.3.4 常用风险危害分析/风险评估技术方法

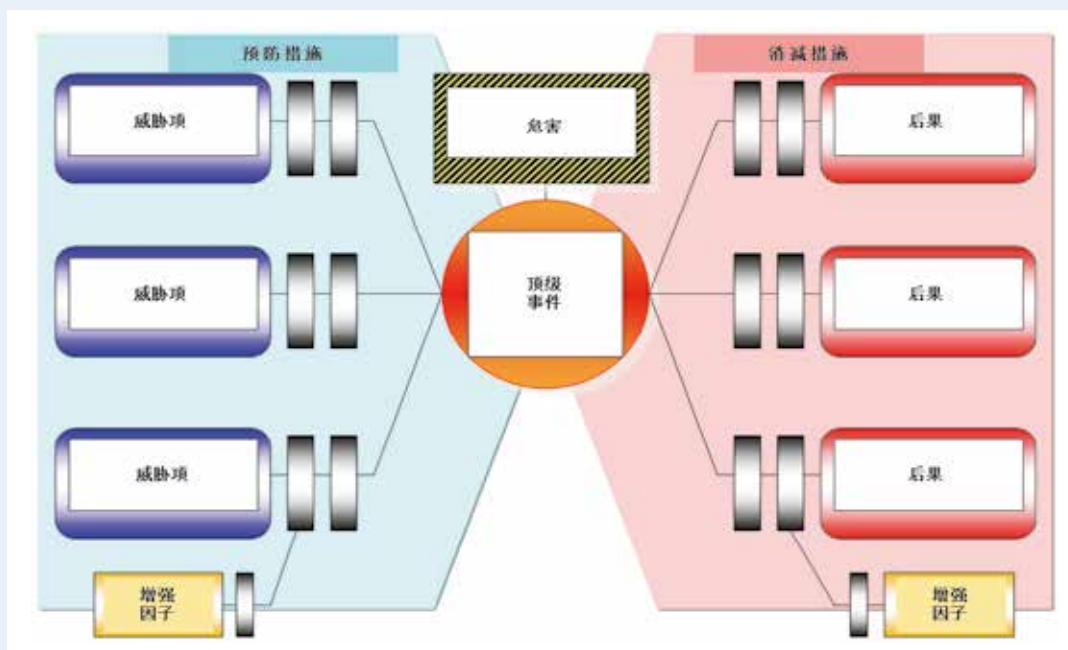
实施初步危害分析(Preliminary Hazard Analysis, PrHA)或重大危险源分析,以分析发掘工作场所重大潜在危害,并针对重大潜在危害实施下列之一之安全评估方法,实施过程应予记录并将改善建议汇总:

1. 如果...结果(What-if)头脑风暴法
2. 检查表分析 (Checklist)
3. 危害与可操作性分析(Hazard and Operability Study, HazOp)
4. 失效模式与影响分析(Failure Mode and Effect Analysis, FMEA)
5. 失误树分析(Fault Tree Analysis, FTA)
6. 事件树分析(Event Tree Analysis, ETA)
7. 其它具同等效力的方法

5.1.3.5 领结分析方法论及应用实例

领结分析是对风险识别出的重大危害进行专项、详细分析,是通过一个简单的图解方式来阐述危害失控时会发生什么,什么会造成失控和最终结果会是什么的分析方法。领结分析重点是预防失控或者减轻后果遇到的保护格栅。

领结图

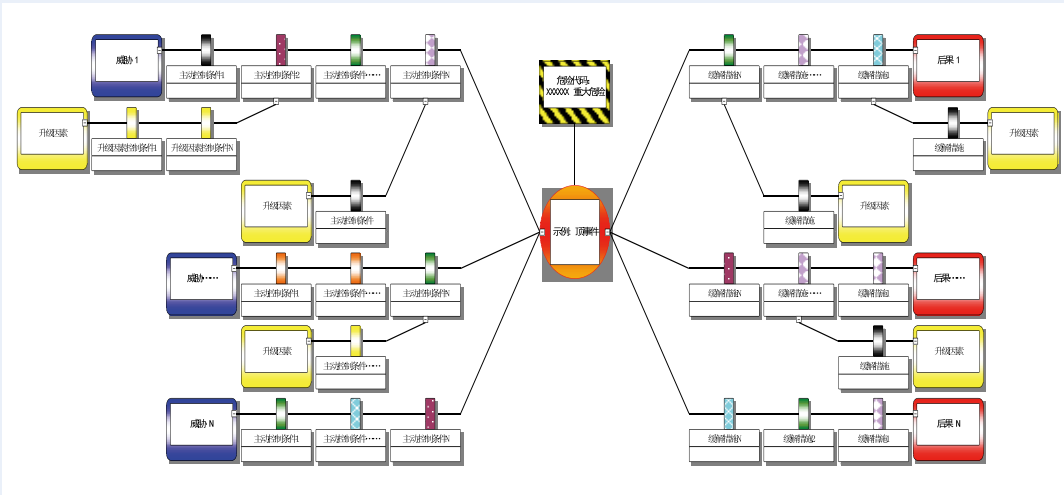


数据来源: 德国莱茵TÜV大中华区工业服务

领结分析会议针对每个领结图按照以下步骤执行:

1. 评估已被确认的威胁 (例如可能带来危害的原因), 并更新修改。
2. 评估已被确认的后果 (例如由于无法/失去控制危害而造成的事故或一系列事故), 并更新修改。
3. 评估已被确定的每个威胁和后果的防护及控制措施(例如正在实施的防护措施, 以便防止威胁造成失控, 或者减少危害造成的影响和消减后果), 并更新修改。
4. 评估定义每个已被确定的格栅 (预防或消减措施) 一个效力等级。

领结分析应用实例分析示意图



数据来源: 德国莱茵TÜV大中华区工业服务



案例分享: 金风海上项目危害识别及风险评估讨论会



5.2 风电项目运维能力评估

风能作为未来能源之一，它的可靠性和功能实现性对参与项目的各方来说都是至关重要的。为了将产出和收益最大化，同时将意料外的停机次数降到最低，风场业主希望确保风场能一直处在正常有效的运行环境中。

一般风机的设计寿命是20到25年，在此期间对风机的运行维护十分重要。不正确的管理方法或者不当的操作均会对风机的使用寿命造成影响，小到引发小的故障造成风机停机，损失风场业主发电量，大到造成大部件（如发电机，齿轮

箱，轴承，叶片等）损坏。一旦造成大部件的损坏，大部件的更换、运输、吊装、长时间的停机会给风机制造商和风电场业主造成巨大的损失。

每一台风机就是一个发电单元，故障几率大，工作点分散，再加上风电场多分布在偏僻的地方，远离城区，给运维人员的工作造成了很多困难。一般风机的高度在70-90米之间，风机内有大量的机械部件和电气部件，还有油脂及其他化学制剂，如果管理、操作不当，除了设备损坏，发电量损失外，还有可能造成

火灾，触电，机械伤害和人员坠落等人员伤亡，甚至死亡。因此，对运维团队能力的评估将十分必要。

得益于德国莱茵TÜV丰富的风电场经验和风机及零部件的检验、检测及认证经验，根据德国的运维标准（Principles for condition-based maintenance of wind turbines, BWE e.V. 2007）和德国莱茵TÜV的评估程序TRC-WE-WP-001：2015，我们可以为客户提供陆上和海上风场的运维能力认证服务。

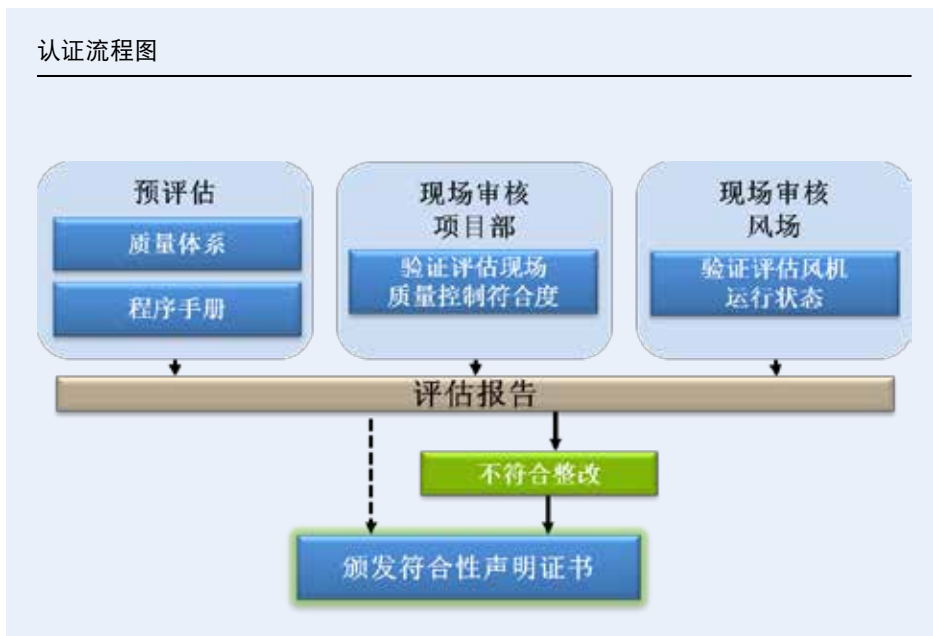
5.2.1 运维能力认证评估方法

步骤	审核内容	关键点
<p>质量管理体系和维护服务文档评估</p>	<p>运维团队的质量管理体系和运维服务文档进行文件评审，目的是对管理模式和服务能力进行预评估，同时也是现场符合性评估的依据之一。需要提交以下文档：</p> <p>质量管理体系</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ ISO9001 管理体系证书，或者等效的证书 <p>运维服务文档</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 组织结构 ▪ 质量手册 ▪ 人力资源 ▪ 技术文档 	<p>本步骤是从企业的组织角度进行评估。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 有健全的质量管理体系。权责分明的组织机构、严格的管理程序可以保证公司长时间内保持很高的管理水准，保证运维服务的质量满足客户的要求。 2. 正确的人员培训制度。运维工程师的水平直接决定了项目现场风机的维护水准，统一的技术培训、标准化的作业模型是必不可少的 3. 恰当的运维策略。风电现场的多样性和特殊性决定了运维策略的重要，针对不同的风场，不同机型的运维策略是保证风机保持高产出的关键。在过往经验中发现很多运维公司不注重标准化管理，运维策略和运维手册的描述不够清楚和具体，这样很容易造成管理的混乱。不同的风场的运维质量参差不齐，随着人员的流动和实际情况的变化很难保证稳定的高水平的运维效果。
<p>项目现场审核</p>	<p>审核员到项目现场，审核运维团队实际的操作程序、操作手册是否和提交的文件一致。现场审核的资料包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 运维手册 ▪ 定检记录 ▪ 故障处理记录 ▪ 技改记录 ▪ 人员资质和培训记录 ▪ 分包商 	<p>本步骤是从项目现场执行的符合性的角度进行评估。</p> <p>健全的质量体系、正确的运维策略是每一家公司的基础文件，项目现场执行的符合程度直接决定了每一个风电场运维的质量。</p> <p>通过在项目部检查相应的工作记录可以很好的判断出该项目团队的执行情况。在以往的项目经验中，经常发现现场人员不熟悉公司的管理制度、程序要求，现场的执行情况与公司的要求不符。同时通过现场文件记录的梳理，也可以判断出公司的质量文件、运维策略是否与现场的实际情况相符。</p>
<p>风场现场审核</p>	<p>审核员到项目现场，与风场的运维工程师一起工作，评估其现场实际操作的符合性。评估的范围包括：</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 风机的实际运行状态 ▪ 风机维护与故障处理 ▪ 库房管理 ▪ 安全管理 	<p>本步骤从现场操作的角度检查运维水平。</p> <p>在风场现场随同工程师工作，一同检查风机、处理故障、技术改造等，观察工程师的实际操作可以很好的判断出风场现场的实际运维水平。按照以往经验，在过程中都会发现很多问题，包括不符合安全要求，人员操作不当，不熟悉风机，以及没有发现风机潜在的缺陷。</p> <p>通过对风机状态的检查也可以发现运维策略和运维手册中不正确或者不适当的地方。</p> <p>除此以外，工程师在风机内和德国专家面对面的交流，可以学习、了解到很多欧洲的运维知识、运维经验，可以就具体的工作内容，操作步骤进行讨论。在过往的经验中，客户在本步骤的评估过程中是收益最多的。</p>



第一步工作由客户提交文件，德国莱茵TÜV进行文件审核。第二步和第三步由客户提供十个备选风场，德国莱茵TÜV随机抽取三个风场进行现场评估。

现场评估完成后，德国莱茵TÜV会出具评估报告，报告中列出发现的不符合项。对于存在不符合项的客户，客户根据报告进行整改，整改期三个月。完成整改后，客户提交整改报告，德国莱茵TÜV进行再次评估。如果结果通过评估，这些不符合项会被关闭，然后进入发证阶段。



数据来源：德国莱茵TÜV大中华区工业服务

监督审核

监督审核将按计划每年(年中)进行一次。在监督审核期间，状态报告（年度）提供持续一致的证据：

- 组织和服务的状态
- 现场评估
- 文档，人员，设备更改等

再次认证将基于状态报告和现场审核。

注：初次认证后的第三年，将进行常规检查以延展重审查。监督审核将每3年一周期持续。

5.2.2 案例分享 - 金风国际控股（香港）有限公司

在2015到2016两年间，德国莱茵TÜV对金风国际的三个风电场的运维团队进行了评估和认证。

2015年9月，美国Shady Oaks风场

2015年10月，泰国Theppana风场

2016年12月，罗马尼亚Mireasa1风场



通过文件评估和现场评估，德国莱茵TÜV从程序、操作、人员、安全等方面进行了全面的评估和审核。在评估报告中包含严重不符合项、一般不符合项、可提高项、一般评论、好的方面等不同的评估结果等级。金风国际对不符合项进行了整改。

对金风国际的整改措施和效果进行再次评估后，均能达到认证的要求，然后分别对三个风场的运维团队颁发了符合性声明证书。

Statement of Compliance (SOC) 样张





5.3 风机型式认证

风电行业的高速发展需要完备的风电检测认证体系，风电检测体系对风电行业健康有序发展的重要性也已成为行业共识。国家能源局新能源司在国务院新闻发布会上曾指出，中国风电行业现存问题之一就是缺乏一套完善的检测认证体系。所以，目前加强检测认证能力的建设，是真正提高风电设备质量，保证产业健康发展的重要措施之一。

在近几年风电行业的不断发展中，政府机构、开发商和主机厂商等行业中的专业人士认识到，按照统一的技术标准、规范管理从风电场设计、建设到机组测试检验再到整机、项目工程验收、项目运营的全过程，对风电行业健康有序发展起着至关重要的作用。

德国莱茵TÜV具有非常完备的认证检测体系，涵盖了陆上风电项目和海上风电项目的每个阶段：从开发设计，到建造，再到运维。我们的风电机组及其零部件的认证服务是基于IEC 61400 系列标准，及相关德国国家标准和导则，例如DIBt（Deutsches Institut für Bautechnik，德国建筑技术研究院）和Guideline GL风电认证导则。

5.3.1 风电整机的型式认证

型式认证涵盖风电机组，包括塔筒及塔筒和基础之间涉及的连接部件。型式认证还涵盖基础的监管要求，根据风电机组设计的要求，可能包括一个或多个基础。型式认证记载了所有强制性模块的符合性，也会额外的记载可选模块的符合性。

型式认证的目的是为了确保风电机组是按照设计要求、特定标准或其他技术要求进行设计和制造的。型式认证是着眼于风电机组整机的设计、结构、工艺、生产、质量、性能、一致性等方面的评估和审查，目的在于确保风电机组根据设计条件、相关标准及其他技术要求进行设计输入、设计输出和验证，并由有资质和能力的整机制造商生产制造，确保风电机组按照设计要求和条件进行安装、测试、运行、维护，最终为风电机组投入市场提供技术保障。

通过独立第三方提供的整机型式认证服务，可以帮助主机制造商更好的验证设计的一致性，以及主机的主要性能指标满足相关技术标准的要求，通过认证的四眼原则 (Four Eyes Principle)，提高风机的品质，帮助主机制造商更好地生产高品质的产品。

型式认证一般包含以下认证模块：

- 设计基础评估
- 风电机组设计评估
- 型式测试
- 制造评估
- 最终评估

1. 设计评估

设计评估主要包括六个方面：载荷评估、控制和保护系统评估、部件试验验证、机械和电气部件评估、制造方案及工艺评估、安装和维护方案评估。

- 载荷评估：
载荷评估主要包括对载荷计算方法的评估、机组运行状态的模拟计算分析、动力学模型评估、大部件及关键位置载荷的计算结果评估和优化等。
- 控制和保护系统评估：
控制和保护系统评估主要包括控制系统原理和控制系统功能评估、风电机组运行模式评估、控制系统逻辑评估、安全系统评估及安全系统传感器评估、液压系统等相关评估。

- 部件试验验证：
在设计评估中，如发现对部件的相关分析不够充分，除了对部件的设计文件进行评估外，还要对一些关键部件进行试验验证，例如齿轮箱、发电机、变流器等部件的出厂试验或型式试验报告审查等，以补充理论分析，对部件的功能以及适用性做出准确评估。
- 机械和电气部件评估：
机械和电气部件评估主要是对机械零部件的设计图纸、技术条件、材料清单、强度和安全性进行评估，包括零部件静强度、寿命疲劳的评估以及电气零部件设计评估和试验报告审查。
- 制造方案及工艺评估：
制造方案及工艺评估主要包括对风电机组制造和装配工艺、专用设备、专用工具、测量试验方法、质量记录、质量评估要求以及制造、安装人员的资质和技能的审查。
- 安装和维护方案评估：
安装方案评估包括对风电机组安装要求、安装人员资质和技能要求、土木电气的详细要求说明、安装专用工具和设备、人员安全和环境保护措施、安装手册等项目的评估和审查。维护方案评估包括对维护要求、维护计划、维护周期、安全保护措施、操作指南、维护手册以及人员资格和技能的评估和审查。

2. 型式试验

型式试验包含低电压穿越测试、电能质量测试、载荷测试、功率特性测试等多项测试。目前风电场开发商比较关注风电机组功率特性测试和载荷测试，原因在于风电机组功率特性测试能直观地反映机组发电量水平，而载荷测试则能反映机组的安全可靠性。

3. 工厂审查

工厂审查实质上就是对整机制造商的生产能力评估和质量管理体系审查，是对制造商的制造工艺、工厂生产制造能力以及产品一致性的评估和审查。

其他可选模块：

- 基础设计评估
- 基础制造评估
- 型式特性测试

风电机组零部件变更对于型式认证的影响

目前对于风电机组制造商来说，风电机组型式试验成本较高，风电机组制造商不可能将各种配置的风电机组在风电场竖机进行型式测试。因此，风电机组零部件的变更对设计评估和型式试验产生的重要影响，是整机制造商比较关注的问题。下面简单介绍关键部件更改对风电机组型式认证的影响：

- 如变更叶片，对于设计评估，载荷需要重新评估，风电机组结构安全需要重新校核；对于型式试验，功率曲线特性测试和载荷测试需要重新测试。
- 如变更齿轮箱、发电机、变流器等大部件，在保持设计不变的情况下，对于设计评估，需要补充设计评估资料，如图纸、计算报告等；对于型式试验，功率曲线特性测试和载荷测试不需要重新测试，更换后的部件须做部件型式认证，同时配整机做相关评估审查即可。
- 如变更控制器，在保持控制策略不变的情况下，对于设计评估，需要补充设计评估资料，如设计图纸、原理图等；对于型式试验，功率曲线特性测试和载荷测试不需要重新测试，变更后的控制器须做部件型式认证，同时配整机做相关评估审查。

型式认证证书样张



数据来源：德国莱茵TÜV大中华区工业服务

5.3.2 零部件认证

风电机组零部件认证是为了确保特定型号的主要零部件的设计和制造符合设计假定、特定标准及其他技术要求。零部件认证程序应与风机整机型式认证程序保持一致。认证模块的特定内容取决于零部件的实际情况。

零部件认证由下列模块组成：

- 设计基础评估
- 设计评估
- 型式测试
- 制造评估
- 最终评估

零部件证书涵盖了风电机组的主要零部件，例如，叶片、齿轮箱等。我们的产品认证机构，依据EN45011的要求，通过了德国认可机构DAkkS的认可，能够按照IEC 61400系列进行风电产品认证。（详见DAkkS官网上（www.dakks.de）认可证书的附件）





5.4 创新模式 一次认证两份证书

中国风电产业在不断发展壮大的同时，也逐渐开启了走向国际市场的征程，本土风电企业纷纷将国际化作为新的发展方向。中国政府也加大了对风电产业“走出去”发展战略的支持力度，支持企业开拓国际市场，增强国际竞争力，实现良性可持续发展。国家能源主管部门正在加紧研究制定支持我国新能源和可再生能源产业“走出去”的具体措施。

风电认证机制是保障风电产业高质量健康发展的必要措施，风电产品认证作为市场准入条件已逐渐成为各国的普遍要求。中国风电认证机构的整体能力在近几年有大幅度的提高，国内认证机构的认证证书也在被国际市场慢慢认可，但是，中国风电认证机构成立时间短，国际知名度不高，仍是中国风电产业实施“走出去”发展战略时必须快速解决的问题。

为了让国内优秀的风电企业“足不出户”即可获得国内、国外权威认证机构的高效优质服务，德国莱茵TÜV推出“一站式”认证服务，通过与中国鉴衡认证中心的合作，双方分工协作并对检测认证结果予以互认，极大地缩短了认证周期，提高了认证效率，加快了新产品推向市场的步伐，使国内风电制造企业花费一次认证的时间和费用，取得两张认证证书，轻松获得进军海外市场的“通行证”。

北京鉴衡认证中心

北京鉴衡认证中心(China General Certification Center, CGC)成立于2003年,是中国清洁技术产品第三方认证服务的开拓者和领先者。德国莱茵TÜV集团是一家国际领先的技术服务供应商,拥有遍布全球的服务网络。自1872年在科隆成立以来,集团已在65个国家和地区建有500个服务网络,2015年的总收益超过19亿欧元。

对于两家在风电行业享有良好声誉的认证机构,尤其是对于德国莱茵TÜV这样一家有着百年历史的德国知名风电认证机构来说,为了更好地帮助中国本土优秀风电企业走出去,与中国认证机构积极探索,共同合作。经过双方多次的交流和沟通,终于推出了一次认证,两张证书的新型认证模式。

为服务于产业和企业的国际化需求,前瞻性地破除各国市场准入门槛,德国莱茵TÜV与鉴衡认证积极合作,积极帮助鉴衡推进自身的“国际化”水平。鉴衡认证针对不同国家市场开展了大量工作,成效显著,取得了美国、澳大利亚、罗马尼亚、土耳其、南非、埃塞俄比亚等众多国家市场不同层次的认可和采信。在推动中国认证走出国门、走向世界的时候,德国莱茵TÜV与鉴衡认证也在为促进国际统一认证体系的建立而积极努力。德国莱茵TÜV和鉴衡认证作为国际电工委员会(International Electrotechnical Commission, IEC)主要成员,积极参与该委员会的各项工作,在倡导国际认证的一致性上发挥了重要的作用。

这些基础性和开拓性工作,不仅帮助鉴衡认证赢得了国际声誉,更为中国风电产业技术标准以及认证制度与国际接轨创造了有利条件,而这也为德国莱茵TÜV与鉴衡认证的深度合作提供了更好的基础。

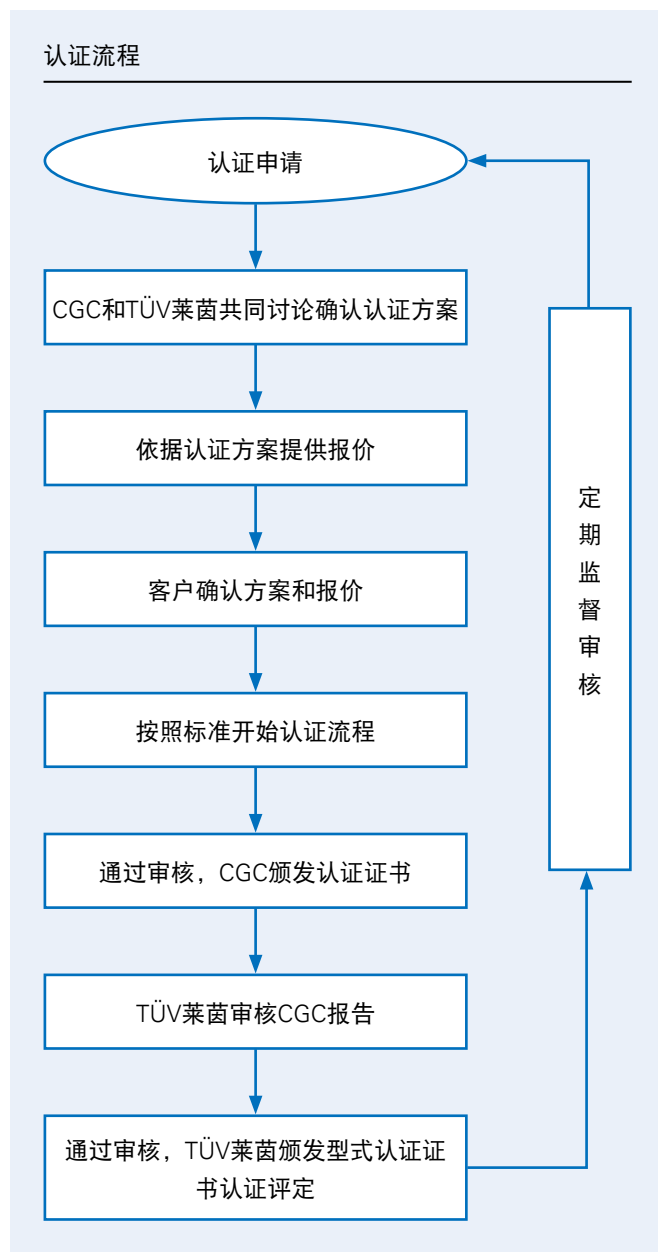
创新认证模式被行业/企业带来的价值

德国莱茵TÜV和鉴衡认证推出的“一次认证,两张证书”的服务模式,为中国风电企业公平参与国际风电市场竞争进一步扫除了障碍,加快了我国风电产业的国际化进程,对产业的长远发展意义重大。

中国最大的风电制造企业新疆金风科技股份有限公司(以下简称金风科技)既是这种创新认证模式的支持者,也是首个受益者,其“走出去”的步伐因此大大提速。金风科技作为最早走出国门的中国风电整机企业,多年来积极推进国际化战略,并以“本土化推进国际化”的宗旨,不仅在美国、大洋洲等重点目标市场取得了显著业绩,同时也在美洲、非洲、亚洲等新兴市场积极布局参与国际市场竞争,取得可喜成绩。截止到2015年底,金风科技国际项目累计发运量创历史新高,共计发运

66台1.5 MW及2.5 MW风力发电机组,约合装机容量114.50 MW。金风科技的高质量机组产品和服务正逐步获得全球客户的认可。

2013年9月4日,北京鉴衡认证中心(CGCC)联合德国莱茵TÜV集团与金风科技共同签署风电机组认证委托协议,金风科技成为这两家认证机构合作开展认证业务之后的首家客户,其机组通过一次认证后,将同时获得两家机构颁发的两张认证证书。



数据来源:德国莱茵TÜV大中华区工业服务

案例分析

2013年9月4日，北京鉴衡认证中心、德国莱茵TÜV与金风科技签署风电机组认证协议，金风科技成为北京鉴衡认证中心开展国内、国际认证“一站式服务”业务之后的首家客户，其机组通过认证后，将获得两家机构颁发的认证证书。这一举动也充分证明中国风电标准走向世界迈出了坚实的一步，提升了中国风机行业在国际市场上的“软实力”。



2015年10月14日上午，备受市场关注的明阳风电MY2.0-121大叶片风力发电机组荣获由北京鉴衡认证中心与TÜV莱茵联合颁发设计认证证书。这意味着，明阳风电正式开启行业首创的一次认证、两张证书的认证模式。中国可再生能源学会风能专业委员会秘书长、北京鉴衡认证中心主任秦海岩与TÜV莱茵全球业务经理Frank Witte先生出席现场，明阳风电首席技术官张启应代表集团领取证书。



德国莱茵TÜV大中华区
TÜV Rheinland Greater China
联系人：李怡凝
电话：+86 21 6081 4891
gc-marketing-intelligence@tuv.com

关注我们的微信：

TUV 莱茵



www.tuv.com

 **TÜVRheinland**®
Precisely Right.

© TÜV, TÜEV and TUV are registered trademarks. Their use will require prior consent.