

# 何不让中小风电参与大气污染治理？

文 / 祁和生

近日，柴静雾霾调查纪录片《穹顶之下》播出后，让无数人在备受感动与震撼的同时，重新开始关注环保。事实上，很多人都知道环境污染的严重危害。中国环境保护部部长陈吉宁在十二届全国人大三次会议7日举行的记者会直言，中国的环境排污强度已超过历史上最高的两个国家——德国和日本。中国面临着人类历史上前所未有的发展和环境之间的矛盾。

我们正在遭受环境污染的侵害，国家也在不遗余力地以发展风能和太阳能替代传统能源，以缓解大气污染造成的侵害。然而，还有一种被忽略的新兴产业，同样可以为减少碳排放和清洁用能发挥至关重要的作用。这就是中小风能设备制造产业。

中小型风能设备，它是大型风能发电和光伏发电应用形式的一种补充，可以安装在广大村庄、农田林场、居民社区、工业企业、公共场所、公路铁路沿线、海岛山区、城镇屋顶等。中小风电产品占地少，不弃风，零排放、无污染；所发电可以就近消纳，可以离网应用，也可以并网应用；在新兴产业的推动下，可以促进经济发展，带动中小风电服务业的发展，增加社会就业；国内、同外市场广阔，社会需求广泛。尤其以中小风电与光伏相配套，以风光互补形式并用，更能体现其自然能源利用的价值和技术的优越性。

我国中小风电产品的价格仅为国外发达国家产品的一半，其技术水平与国外发达国家相当。我国产品在国外市场应用已较普遍，技术上有一定积累。在欧美发达国家，中小风电在解决分布式或用户侧发电，解决家庭或企事业单位自产自自用发挥着不可替代的作用。为鼓励清洁用能，西方国家对中小风电安装应用给予电价强制回购等补贴政策。然而，中小风电在我国新能源利用方面缺乏国家具体的政策补贴措施，使得中小风电在用户侧和分布式并网领域见不到它的身影，行业发展没有后劲。陈吉宁部长在十二届全国人大三次会议上回答记者提问时表示，中国的环境形势仍然十分严峻，体现在环境质量差、生态环境破坏比较严重、产业布局不合理三个方面。其中产业不合理布局的一种表现就发生在对中小风电产业的不重视。行业内人士一直期盼国家在产业布局上能给予中小风电产业支持政策，在全球都关注环境变遭的情况下，我国政策制定部门考虑对小型新兴产业予以支持，给他们一个回报社会的机会。

中小型风电产品的应用推广既可以减少碳排放，又可以解决产业发展问题，行业虽然小，也是一支有生力量。我们的社会对每一个人造成的对环境影响的行为都很在意，而对一个行业有先天治理环境本能的参与却置之不理，是人们难以理解的。

没有中小风电参与的环境治理将是人类的损失，没有中小风电参与的节能减排将是社会的缺憾。



主办：中国农机工业协会风能设备分会（风力机械分会）  
协办：国际铜业协会（中国）  
中国中小型风力发电产业联盟  
中科恒源科技股份有限公司

专家委员会（按姓氏笔划排名）：  
王大刚 王建平 刘长安 刘志璋  
许洪华 朱瑞兆 肖占俊 吴永忠  
李宝山 李景明 李 锋 张世惠  
陈 严 郝先荣 贺德馨 俞红鹰  
赵福盛 徐学根 都志杰 高瑞林  
常东来 韩 镝

主编：祁和生  
副主编：姚修伟  
编辑部主任：李德孚  
编辑部副主任：沈德昌  
编辑：梁 伟 徐 涛 王文辉  
电话：010-68596009 68513557  
传真：010-68596006  
邮箱：gaojian@cweea.com.cn

市场部主任：年方清  
市场部：闫吉林  
电话：010-68596008 68596007  
传真：010-68596006  
邮箱：fncy@cweea.com.cn  
美术设计：吴培花

编辑出版：《中小型风能设备与应用》编辑部  
地址：北京市西城区月坛南街26号院1号楼2012-2018室  
邮编：100825  
网址：www.cweea.com.cn

版权声明：本刊为中国农业机械工业协会风能设备分会内部刊物，所刊内容未经许可，不得转载。来稿必须遵循有关法律法规、文责自负、不得一稿多投。本刊登载的学术论文将被中国知网《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社出版的《中国重要会议论文全文数据库》及CNKI系列数据库网络以协会年度论文集的形式出版。若不同意文章为数据网络收录，请在来稿时向本刊声明，本刊将做适当处理。本刊录用稿件均视为同意在中国风能产业网或我会其它出版物刊登。



## 卷首语

01 何不让中小风电参与大气污染治理？

## 特别报道

04 处惊要坚定信心 发展需抱团取暖

12 能源革命为小风电带来的新机遇 任东明

## 特别关注

14 2014年中小型风能产业数据报告

17 科技部风能领域“十二五”项目回顾及“十三五”重点任务前瞻

## 技术交流

24 新能源风光互补路灯远程管理系统的研究 徐钢

30 中国小型风电机参与国际测试认证的体会与建议 俞铨

35 风轮叶片降噪研究 李海涛等

## 科普知识

41 风能、太阳能到底有多“能”



## 产品应用

---

- 47 风光互补集中供电系统在尼泊尔无电村落中的应用 赵晓杰 邱德杰
- 50 发展小型风电 造福湖区渔民 朱国华

## 专题报道

---

- 53 全球第六届小型风能高峰论坛在德国胡苏姆举办
- 56 深圳泰玛荣获国防通信网设备器材进网许可证
- 57 用风能再造青山绿水
- 58 清洁能源技术让南极科考更“清洁”

## 行业资讯

---

- 59 风电连线“互联网+”迎来变革
- 60 陆上风电标杆电价调整后收益变化知多少
- 61 发展风电等新能源是走出《穹顶之下》的最佳路径
- 64 法国：两座风电机组安家埃菲尔铁塔



# 处惊要坚定信心 发展需抱团取暖

——2014全国中小型风能设备行业年会暨多领域应用专题论坛在南京隆重召开

文 / 姚修伟

为总结一年来中小型风能设备行业发展形势，交流产业发展经验，研究和探讨我国中小型风能产业发展出路以及亟待解决的难题，中国农业机械工业协会风能设备分会“2014全国中小型风能设备行业年会暨多领域应用专题论坛”于2014年12月19-20日在江苏南京隆重召开。本次年会由南京欧陆电气传动有限公司承办，国际铜业协会（中国）、沈阳华测新能源检测技术有限公司协办。

共有来自内地13个省市自治区及台湾地区的110多位行业代表参加会议。出席大会的领导和嘉宾有：国家可再生能源发展中心任东明主任，农业部农业生态与资源保护总站李景明处长，世界风能协会贺德馨主席，中国可再生能源学会李宝山常务副理事长兼秘书长，国际铜业协会（中国）李荆市场总监、王大刚项目经理，南京市经济和信息化委员会郭军祥副处长，南京六合区科技局许锡生局长，山东省东营市经济技术开发区管委会刘杰元主任，湖北省洪湖市生态能源办公室朱国华副主任，全国风力机械标准化技术委员会王建平秘书长，中国农机工业协会风能设备分会杨校生理事长，台湾中小型风力机发展协会左峻德理事长、苏美惠秘书长，内蒙古能源与可持续发展协会林莉会长，江苏省可再生能源行业协会施新春副秘书长，南京欧陆电气传动有限公司江华总经理等。



会议由中国农业机械工业协会风能设备分会常务副理事长兼秘书长祁和生主持，中国农业机械工业协会风能设备分会理事长杨校生为大会致开幕词。中国可再生能源学会李宝山副理事长、世界风能协会贺德馨主席、农业部农业生态与资源保护总站李景明处长、南京六合区科技局许锡生局长、山东省东营市经济技术开发区管委会刘杰元主任分别致辞。南京欧陆电气传动有限公司江华总经理为大会致欢迎词。

## 1. 中小风电行业要在艰难环境下顽强坚守，抱团取暖

杨校生理事长在致辞中说：“我国风电的开发是以中小型风电的发展开始的，中小型风电对我国电网形成了有力补充，是开发利用风能资源的重要途径，是大众自建发电项目的重要方向，中小型风电也将在国家提倡和鼓励的分散式和分布式可再生能源项目方面起到积极地、重要地作用。我国中小型风能设备行业要为此做好充分的准备，适应市场变化，开拓新的应用领域，不断进行技术创新，提升产品质量，提升企业自身竞争力，为中小型风电的发展做出贡献。”他还说。“中小型风能企业坚持以市场为导向，通过有序和适度的竞争，已得到很大提高，在十分艰难的环境下几十年来顽强坚守，艰苦奋斗，相互帮助，抱团取暖，取得了很大成绩。虽然行业遇到很大困难，前方的路不会平坦，但我们坚定信心，坚持不懈，在中国风电持续不断的发展中取得应有的地位。”

中国可再生能源学会副理事长李宝山在致辞中讲到，我国风电产业是从小风电开始的，大风电产业发展形成世界主流，而小风电近两年产业发展确实不尽人意。小风电曾经为我国偏远无电地区的农牧民生活生产发展发挥了不可替代的作用，而作为大风电的补充，小风电还应当有它更大的作为。今天行业所遇到的困难也只是暂时的，小风电虽然小，国家经济建设也离不开它，我们整个行业要认真研究它的地位和作用，研究如何走出困境的办法和多领域应用目标。



## 2. 为迎接分布式应用作好准备

世界风能协会主席贺德馨研究员在致辞中说：“我在内蒙古看到，小型风电给了当地老百姓解决的不仅是照明问题，也提供了生产上的动力，为无电地区牧民用电发挥了无可替代的作用；小风电行业当前遇到的困难是暂时的，在新能源革命背景下，它的前景是光明的。为迎接新能源革命的到来，小风电行业要为迎接分布式应用作好准备。南南合作和国内的一些示范基地都是中小风电的发展机遇，我们要整理好国内、国外两个资源，两个协会和台湾协会要相互合作，与世界风能协会建立更多联系，协同开辟小风电未来。对于整个行业来讲，当前的工作是要把产品的质量和安全提高到一个新的高度，以迎接发展时及的到来。”

## 3. 美丽乡村和东营新能源示范基地为中小风电利用提供服务

李景明处长在致辞中讲到：我国农业生态和环境保护对新能源的利用任务紧迫，农业部门始终坚持以“多能互补，因地制宜、综合利用、讲求效益”为指导方针，加强清洁能源供应，提升生活用能品位，保护和改善农村生态环境，推进农村生态文明建设。中小风能也是农村新能源利用的产品之一，农业生态和环境保护单位将继续为小风电行业做好服务。农业部的“美丽乡村”项目将是推动新能源应用起点，全国新建的1000多个“美丽乡村”和13个现代农业创新基地就是以16字方针坚持做好示范，并推向全国。

东营经济技术开发区管委会副主任刘杰元在致辞中提到：东营市以新能源为产业，建立了光伏、风电利用示范基地，结合小型风力发电机风洞和测试场服务于亚洲风能大会；最近计划建立一个风光互补路灯的示范路段，既为中小型风电机组生产企业提供一个产品展示的平台，也为国家对外援助项目推荐国产风电机组提供选型参考。

#### 4. 中小风能产业发展的经验交流

在为期两天的会议里，设置了“中小型风能产业发展综述”、“中小型风能多领域应用专题论坛”，以及两场专题讨论会。

“中小型风能产业发展综述”中由6位专家为大会进行演讲。国家可再生能源中心任东明副主任在《能源革命为小风电带来的新机遇》的报告中表达了在全球能源转型或者说在能源革命的背景下，中小风力发电产业发展有哪些发展机遇。他说：“小型风力发电机本身有明显特点：分散，清洁，低碳，可再生，特别是，小型风电机组有应用范围广、能本地生产、就近消纳的特点，完全与未来新型能源系统的特征吻合，可以说，完全符合新型能源系统的要求。如果未来我们在智能化和灵活接入电网方面取得突破，我想，中小风电机组一定会迎来一个很好的发展机遇。所以，我们小风电一定要有信心。”他继续说，“11月19日，国务院新发布的《能源发展战略行动计划2014-2020》也提到，在推动城乡用能方式变革当中，要求按照城乡发展一体化和新型城镇化的总体要求，坚持集中与分散供能相结合，因地制宜建设城乡供能设施，推进城乡用能方式转变。实施新城镇、新能源、新生活行动计划，制定城镇综合能源规划，大力发展分布式能源，发展风能、太阳能、生物质能、地热能供暖等。”他还表示，“值得一提的是，国家能源局一直在推进新能源示范城市和绿色能源示范县建设，目的也是按照因地制宜的原则，大力发展分布式可再生能源。如果新能源城市建设有了实质性进展，这对中小风电发展也是一个机遇。”

他建议：“中小型风电要加强技术创新，降低生产成本；加强应用模式创新，不断扩大应用范围；加强标准、检测体系和认证制度建设，不断提高产品的安全性、可靠性；加强行业协会的协调能力，积极向政府、社会宣传小型风力发电机组的使用价值；在练好内功的前提下，积极实施走出去战略。”





北京科诺伟业科技股份有限公司付鄢波博士为大会演讲《风光储微网系统设计与示范》，讲述了风光储向网系统的技术特性、设计要点和示范范例。

台湾中小型风力机发展协会理事长左峻德的发言讲述了全球小风电市场情况，分析了全球小型风力机政策补贴价格状况以及台湾小风电产业营运、测试和认证状况。

内蒙工业大学博士生导师汪建文教授从小风电的发展历史、当前存在的问题、国际能源署课题 27(IEA Wind Task27)、内蒙工业大学研究基础、研究条件和研究成果为大会讲述了《中小型风能产业发展的现状与思考》。

东营经济技术开发区管委会招商局朱金华副局长所做的《东营经济技术开发区情况》，向大会介绍了东营经济技术开发区的投资环境，在历年的发展建设形成的产业构成，特别是在新能源建设中构成的产业平台、技术支撑平台、人才支撑平台、投融资平台、物流平台、项目审批平台。中小型风力发电技术和应用是东营未来发展的重点。

Intertek(上海天祥)公司风电测试技术主管刘磊先生介绍了《小型风力发电机测试综述》，该公司承担了世界小型风电测试联盟(SWAT)对小型风电产品的国际标准(IEC61400-12-1、IEC 61400-11 Ed 2.1 Ed 3.0、IEC 61400-2 Ed2.0 Ed3.0)、英国小型风能协会(BWEA)标准和美国小型风能协会(AWEA)标准的验证任务，对小型风力发电机组的“功率曲线、噪声测试、耐久测试、安全与功能、叶片等标准进行检测验证”，其目的是找出各实验室之间对于标准理解的差异，便于各实验室之间达成统一对标准的理解，且对标准提出新的建议。他的演讲为测试技术做出了定义，也为实验室间测试能力对比达成对标准统一的理解。

在“中小型风能多领域应用专题论坛”上，特邀嘉宾湖北省洪湖市生态能源办公室副主任朱国华先生向大会所做的《发展小型风电，造福湖区渔民》的报告，从该市在渔矿区经过十多年的推广离网型小型风力发电机的经验可以看出，小型风光互补供电系统的应用改变了渔民的生活，渔民得益以风能解决的用电问题，除了照明外，用上了冰箱和洗衣机，可收看电视、播放影碟和录像，丰富了文化生活的内容。同时，解决了渔民手机充电的难题，增加了对外信息交流。



从他的演讲我们了解到，随着渔民对生活质量的不断提高，风光互补产品在该地区有更大的需求，除了价格的因素外，更加注重了产品的性能和安全性，价廉物美的产品仍是首选。同时他揭示了洪湖渔民十多年来一直保持产品不间断运行，是有一支长期从事产品维护、检修的队伍在作后勤保障，这跟当年建设区域性技术服务队伍有直接关系。洪湖区风光互补发电系统的发展根基在于持续性，这一应用案例提示风能行业发展要重视售后服务和培育后勤技术服务人员。

台湾中小型风力机发展协会顾问张钦然博士的发言，向我们传达了台湾在IEA Task27方面的研究方向。他向大会讲述了IEA Task27在我国召开后的研究任务，IEA Wind改组后的组织，IEA Task27目前的主要课题，全球投入屋顶紊流相关测量的团队以及台湾的研究方向，向我们提出小型风力机建筑一体化及安装标准大纲和组织研究建议。

IEA Task27是目前世界小型风电研究的方向，全球主要风电大国都在开展其研究工作，我国大陆在该领域的工作刚刚起步，台湾已走在了大陆前头。张博士的发言无疑对大陆IEA Task27研究发起了一份倡议。

上海致远绿色能源股份有限公司副总经理俞卫讲解了《中型风力发电机组的应用及需求趋势》；南京欧陆电气传动有限公司新能源汽车部技术总监刘洪讲解了《分布式新能源与电动汽车产业》、新能源研发总监李弓祥介绍了《风光互补控制器的原理及发展方向》；沈阳华人风电科技有限公司王允生经理讲解了《中小型变桨变速发电机组》；中科恒源科技股份有限公司副总裁常东来向大会讲述了《提高风能、太阳能综合应用构建生态化城镇发展建议》，阐述了风能、太阳能综合应用技术及发展趋势，并对其发展屏障提出了相关的专业建议；广州红鹰能源科技有限公司总经理俞红鹰介绍了《正确理解“风光互补发电系统”的意义》；呼和浩特市博洋可再生资源有限责任公司副总经理由志刚介绍了《零排放住宅试验示范》；国能风力发电有限公司总经理闫建校介绍了《高可靠性垂直轴风力发电机的综合利用》。

## 5. 行业发展中的各种音符

两场专题讨论会的主题分别是“标准 检测 认证”和“机遇 方向 出路”。以“标准 检测 认证”和“机遇 方向 出路”为主题的两场讨论会则以开放的、集体讨论形式对目前中小风电的两个突出问题进行探讨。

讨论认为：标准工作需要老标准进行修订，标准的高度要向国际标准看齐。所兴，本次会议上安排的标准工作会议已经对此做出安排，部分标准的修订工作开始启动；检测和认证要体现到认证或测试的价值，检测不是过程，是与市场相联，体现在产品和用户应用的关系。首先要有标准做依据，国际上的检测和认证是与国家政策挂钩的，通过认证的产品由政策进行补助，国家要有指导性意见，在测试费用上也应有所补助，认证的这三个条件是要相互配套才能起作用，否则是没有意义的。

在谈到机遇、方向和出路问题时，讨论认为：当前，中小型风电产业所遇到的困难是暂时的，从一些调研的结果来看，中小风能的市场发展空间是很大的，关键在于行业如何把握发展机遇；国家的政策是必要的，而行业在发展过程中是否必须向国家要政策？行业自身是否有一些问题需要调整？没有政策的情况下产业如何走出困境？其中，搞好产品质量、做好售后服务、对用户进行维护技术人员培训，让社会认同，行业发展才会有出路；下一步的行业工作，要瞄准分布式并网，城镇化应用，移动基站和风光互补路灯，这是产业发展的方向，各企业间要以不同的渠道去寻求市场，建立根据地，做长远规划。市场指数是争取来的，企业间仍需顽强坚守，艰苦奋斗，相互协作，抱团取暖，取得了很大成绩。





## 6. 与会代表参观欧陆制造厂

12月19日下午，会议代表兴致勃勃地参观了南京欧陆电气传动有限公司，总经理江华向代表们介绍了公司发展史和当前经营情况以及公司发展成就。随后代表参观了工厂生产车间。欧陆整洁有序的生产线、装配线，科学地生产工艺以及精致的产品给代表留下深刻印象。🌱

# 能源革命为小风电带来的新机遇

文 / 中国可再生能源发展中心 任东明

能源革命，是全球范围的能源转型，国外叫能源转型战略。国内叫推动能源生产和消费革命。中小风电发展同样面临一个很重要的背景，那么在全球能源转型或者说能源革命的背景下，中小型风电产业发展有哪些发展机遇就是本文想谈的问题。

首先，我们来看当前全球范围的能源转型所呈现的几个明显的特征：

其一是立足本国国情制定能源转型战略。各主要国家都基于本国国情因地制宜制定能源转型战略。比如美国，它以保障能源安全和刺激经济增长为目标，基于本国丰富的页岩气资源，制定了以开发页岩气为特色的“能源独立”发展战略，许多人愿意称为“页岩气革命”。欧盟则率先提出了低碳经济理念，以丰富的可再生能源资源为基础，确定了较高的温室气体减排和可再生能源发展目标。日本出于本土能源资源困乏的国情，特别强调能源供给多元化和推广节能技术。

其二是制定明确的能源转型目

标。各主要国家都已制定明确的能源转型目标和时间表，也就是我们经常提到的能源发展路线图。例如，美国联邦政府提出到 2025 年可再生能源发电占本国发电总量的 25% 的目标；欧盟提出到 2020 年二氧化碳排放比目前的水平减少 25%，能耗水平降低 20%，可再生能源达到能源消费总量的 20%，并制订了 2050 年温室气体的排放量在 1990 年基础上减少 80% 的远期目标；日本的目标是，在生产端通过提高石油、天然气资源的自主开发率，到 2030 年将油气自给率提高到 40%，在消费端通过进一步推广节能技术和提高节能标准，到 2030 年能源效率比 2005 年提高 30%。

其三是依靠技术创新推动能源转型。各国政府高度重视科技创新在能源转型中的核心作用。如美国将发展智能电网、电动汽车、第四代核电技术作为能源科技研发重点领域；欧盟各国纷纷将能源互联网、大型海上风机、高效光伏电池、碳捕集和封存、电动汽车等能源生产及消费技术作为其实现能源低碳转

型的重要手段；日本则着重强调核电、储能及电动汽车技术研发，并以此作为进一步提高其能源自给率和能效的途径。各国不断加大能源科技的研发投入以加快能源低碳化和智能化步伐。

其四是通过制度创新保障能源转型。各国十分重视能源立法和体制机制设计。比如日本、德国等国以立法方式详细规定了新能源的发展目标，并在电力企业对新能源的利用、可再生能源发电上网等方面做出了强制性规定，为本国的能源转型奠定法制基础。英国则在 2012 年公布了新版《能源法案》，依法推行差价合约和容量市场为核心的电力市场改革，为英国向低碳电力转型提供保障。

从刚才我提到的全球能源转型特征，我们可以推断出，当前正在进行的能源转型的最终目标是：从高碳到低碳，从低效到高效，从化石能源向可再生能源，从集中向分散和集中相结合的转变，最终将以清洁低碳能源为主的新型能源系统化，替代目前的以石能源为主的传

统能源系统。新型能源系统将具有分散化、清洁化、低碳化、智能化和可再生的特点。

介绍完能源发展大背景，我们再考察小型风电产业。小型风电本身有明显特点：分散，清洁，低碳，可再生，特别是，小型风电有应用范围广、能本地生产、就近消纳的特点，完全与未来新型能源系统的特征吻合，可以说，完全符合新型能源系统的要求。如果未来我们在智能化和灵活接入电网方面取得突破，我想，中小风电一定会迎来一个很好的发展机遇。所以，我们小风电一定要有信心。

前几天，我们中心和 IEA 合作刚刚完成了一个报告，《风电发展路线图 2050》。报告对未来风电发展做出了一个基本的判断：到 2020 年，以蒙东、蒙西、东北、河北、甘肃和新疆等风电基地开发为主，同时加大中东部分散式风电开发。到 2020、2030、和 2050 年，风电装机容量将分别达到 2 亿、4 亿和 10 亿千瓦。从这个研究可以看出，尽管我国未来风电发展仍将以大型集中开发为主，但由于中小风电由于靠近用电负荷中心，以分布式开发利用仍将发挥补充作用，仍有巨大的市场发展空间。

11 月 19 日，国务院新发布了《能源发展战略行动计划 2014—2020》，里面也提到，在推动城乡用能方式变革当中，要求按照城乡发展一体化和新型城镇化的总体要求，坚持集中与分散供能相结合，因地制宜建设城乡供能设施，推进城乡用能方式转变。实施新城镇、新能源、新生活行动计划，制定城

镇综合能源规划，大力发展分布式能源，发展风能、太阳能、生物质能、地热能供暖等。

今年 5 月，国家电网公司发布了《关于做好分布式电源并网服务工作的意见》，根据这个意见，小风电并网可以说也有了制度方面的依据。小风电所发电量也可以卖给电网而获利。值得一提的是，国家能源局一直在推进新能源示范城市和绿色能源示范县建设，目的也是按照因地制宜的原则，大力发展分布式可再生能源。如果新能源城市建设有了实质性进展，这对中小风电发展也是一个机遇。

从发展现状看，小风电在城市风光互补路灯系统、农村农业灌溉、偏远地区供电、交通信号系统电源等方面的应用已经在发挥重要作用。在国家大力提倡的新能源、新生活、新城镇的大背景下，小风电将有更大的空间。

最后，我想对小风电的进一步发展提几点建议：

一是，加强技术创新，降低生产成本。

大型风电的单位投资从 2009 年降至 9000~10000 元/千瓦，目前已经降至 7000~8000 元/千瓦；光伏组件从 2007 年的每瓦特 36 元降到了现在的 3 到 4 元；正是因为技术的不断创新，成本的下降促进了产品应用市场的不断扩大。

二是，加强应用模式创新，不断扩大应用范围。

小风电在解决无电地区用电、海岛、农业设施供电等方面都发挥了重要作用，但在工业、城镇、社区等与既有电力设施的互补利用方

面还没有一个有效的发展模式。应抓住国家大力发展分布式能源的有力时机，不断创新模式，拓展扩大应用范围。

三是，加强标准、检测体系和认证制度建设，不断提高产品的安全性、可靠性。

中小型风电产业发展，需要一个完善的标准体系、检测体系和认证体系。目的是，使企业在标准的指导下设计产品，使消费者用一把公正的尺度来衡量产品的优劣，让行业在公平的环境下参与市场竞争，让社会在标准的指导下实现质量监督。

四是，加强行业协会的协调能力，积极向政府、社会宣传小风电的使用价值。

小风电对于发展清洁能源、节能减排乃至生态文明建设具有很大作用，但是一些人对小风电还不是很了解甚至存在很多误解。因此，行业协会应加强与政府沟通，让政府从政策方面给予实质性支持。

五是，在练好内功的前提下，积极实施走出去战略

目前，国家发改委委托商务部实施的“南南合作”，针对亚洲、非洲、拉丁美洲和大洋洲第三世界受援国家和地区开展合作，援助项目拟以光伏、光热、生物质能和小型风能等可再生能源设备作为援助产品。

此外，我们国家提出的“一带一路”发展战略，其目标就是我国与周边国家的互联互通，重点是基础设施建设，这将为小型风电在中亚、东南亚的市场拓展提供了机遇。



# 2014 年中小型风能产业数据报告

文 / 祁和生 李德孚 姚修伟

## 1. 2014 年中小型风力发电 行业产业数据通报

2014 年，中小型风能产业在缺乏国家相应政策支持的情况下，国内市场继续下行，国际市场也呈现负增长态势。

### 1.1 28 家企业数据统计结果

2014 年共有 28 家中小型风电制造企业提供数据，统计显示，其全年总生产量为 11.33 万台，设备总容量为 85780 千瓦，平均每台设备容量为 757 瓦；28 家企业总产值

10.14 亿元，利税总额为 1.96 亿元；总销售数量达到 10.12 万台，装机容量为 72600 千瓦，平均每台设备容量为 717 瓦；总销售额 8.33 亿元；28 家中 17 家企业有出口产品，上报出口量 1.9 万多台，出口额 3800

万美元，出口容量 29200 千瓦，每台设备的出口功率为 1530 瓦（详见表 1）。

### 1.2 产业综合形势分析结果

产业综合形势分析，主要是为分析整个行业 2014 年的产业发展趋势。是根据行业内长年提供报表的 15 个重点企业，能够体现行业发展晴雨表的数据进行分析整理出的结果。分析表明：2014 年中小风电行业生产量减少 18.5%，销售量减少 17.3%，出口量减少 55%；产量功率降低 8.9%，销售功率降低 13.8%，出口量功率降低 28.7%；产值下降 3.3%，销售额下降 15.2%，出口额下降 34%（详见表 2）。

### 1.3 海关总署统计的数据

2014 年从海关总署统计的数据来看，中小型风电产品出口到海外 113 个国家或地区，出口量约 13500 多台，出口额为 2156 万美元，比 2013 年下降 10%。

### 1.4 企业结构

2014 年所统计的 28 家企业中，有两家是国有企业，其余均为民营或民营股份制企业，注册资金达到 6.8 亿元，固定资产原值达 7 亿元，净值达 5.2 亿元，这一数字显示企业资产有一定增长；职工总数 3148 人，其中技术人员 793 人，占总人数的 25.2%；工程师以上技术人员 447 人，占技术人员的 56.4%；生产能力达 40 余万台。

### 1.5 产品结构

2014 年的中小型风电生产和

表 1：28 家企业上报的产业数据统计表

生产量(万台)	11.33	生产容量(kW)	85780	总产值(亿元)	10.14
销售量(万台)	10.12	销售容量(kW)	72600	销售额(亿元)	8.33
出口量(万台)	1.90	出口容量(kW)	29200	出口额(万美元)	3800

表 2：行业发展趋势综合分析(%)

生产量	-18.5	销售量	-17.3	出口量	-55
产量功率	-8.9	销售功率	-13.8	出口功率	-28.7
总产值	-3.3	销售额	-15.2	出口额	-34

表 3：出口量最大的前十位国家和地区为

国家和地区	台数	金额(美元)	备注
意大利	843	6,849,895	+134.2%
法国	583	1,243,281	-21.0%
荷兰	144	1,164,907	+873.8%
英国	321	1,122,874	-84.3%
美国	1,755	951,219	-57.1%
加拿大	1,644	908,434	71.9%
俄罗斯联邦	745	878,896	62.7%
德国	434	660,043	-28.1%
罗马尼亚	269	647,994	3257.3%
香港	1460	598,103	138.9%



图 1：300W、400W 在产品中的比重



图 2：功率大小在产品结构中的比重

销售的产品从 100W 到 300kW 共有 20 个功率型号。其中，300kW 是增加的一个产品功率型号，有生产没有销售；销售量最多的产品为 300W，占整个销售总量的 52.3%，其次是 400W 占 14%；100W ~ 1kW 产品占有销售量的 94.3%；1.5kW ~ 5kW 占 4.8%，10 ~ 200kW 的产品占有销售量的 0.9%。产品中垂直轴机型比重占 13.4%，容量比重占 8.1%。

## 2. 业绩下滑的原因分析

2.1 中小风电产品没有国家财政补贴政策，影响了国内市场需求；

2.2 受光伏产品低价、国家财政补贴和发电稳定性高的冲击，影响了国内外市场需求；

2.3 欧美国家设置了产品认证等技术壁垒，抬高了市场准入门槛，影响了产品出口；

2.4 产品质量没有得到消费者全面认可。

## 3. 2015 年中小风电机组发展预测

2015 年中小风电产业发展可能会形成一个转折点。其依据是 2014 年下半年已有几个领域对中小风电予以关注。

3.1 商务部主持的中国对外援助——南南合作，已经把目光投向光伏和中小型风能设备。2014 年年末，贺德馨研究员已经将小型风电对外援助产品名单提交给商务部，如果获批，小型风电产品将受益；

3.2 中小型风能设备在农业生态与资源保护领域得到关注，据了解，农业部门正在与国家能源局协商光伏和中小风电产品在农业领域应用的可能，预示着未来中小风电在农业方面的应用将有市场；

3.3 中小型风能设备在扶贫工程中得到关注。我国的扶贫工作重点是西北地区，大约有 8300 多万人还处于贫困线以下生活，国家扶贫工作已经对中小风电开始关注。小型风电在解决贫困人口用电和减少环境污染以及清洁用能方面会有一定市场；

3.4 中小型风能设备在国防领域将有应用前景。根据中国农机工业协会与中国人民解放军总后勤部科训局的沟通了解，该组织计划在部队营房生活供电方面对中小风电产品开展研究应用，中小风电产品进入国防领域将有可能；

3.5 中小型风能设备在分布式并网发电领域将会有一席之地。2014 年，中国农机工业协会向中科院院士提出的《分布式可再生能源应用和智能微网咨询项目研究》提交了“中小型风力发电系统专项研究报告”，这份研究报告若得到国家有关部门批准，中小风电在分布式发电中得到国家政策支持是有可能的。

3.6 穹顶之下，解决雾霾少不了中小风电的参与。中国的大气污染已经对社会环境构成严重威胁，从中央到地方，无不对工业污染制成的经济发展和国际对华投资的负面影响而担忧。中小风电是生产清洁能源的补充，大型风电和光伏做不到的领域，中小风电可以做到。

全球中小风电应用经验验证了其对社会所做的贡献，我国对中小风电的快步发展应用将始于 2015 年。

## 4. 2015 年行业发展建议

4.1 国家应出台对中小风电产品支持的优惠补贴政策。制造企业要控制好产品质量。当前，中小风电缺少国家政策扶持的一项主要原因之一与产品质量有关，使消费者在应用过程中失去了采用中小风电的信心。由此，制造企业要树立坚定信念，把好质量关，重拾发展雄心；

4.2 建立标准、检测体系和认证制度。标准、测试和认证是产品通向国际市场的必要路径和门槛，是新能源并网发电和赢得政府采购的通行证。因此，需要全行业共同努力，建立起完善的标准体系、质量检测体系和产品认证制度；

4.3 加强与国际组织的联系与沟通。我国中小风电行业在标准、技术研究等领域都落后于国际发达国家，为使我国中小风电走在世界前列，使我国产品技术和标准在全球赢得话语权。我国需要加强与国际相关组织的联系与沟通，学习国际经验，开展广泛合作，参与国际研究，追赶世界目标，使风电大国变为风电强国；

4.4 增强中小风电的宣传力度。全行业要不失时机地宣传中小风电在国民经济中的作用和应用价值，让全社会都了解中小风电，从而使中小风电得到推广和应用。

# 科技部风能领域“十二五”项目回顾及“十三五”重点任务前瞻

编辑 / 徐涛

建设生态美丽中国，推动能源消费、能源供给、能源技术和能源体制四方面的“能源革命”，意味着中国能源战略需要根本性的变化，未来必然要走清洁、高效、安全、可持续发展之路。中国要实现碳排放大幅缩减的承诺，大力发展风能是必然之路。现代化的、高质量、高效能的风电装备制造，是风电产业持续健康稳定发展的保证。

2014年，我国风电装机2335.05万千瓦，累计装机达到1.15

亿千瓦。风电设备制造业是整个风电产业的最重要环节和基础，没有高质量的风电装备制造，风电发展不可能做到由大变强。

科技部历来重视新能源领域课题的安排。数次召开专家组会议讨论“十二五”课题的进展情况，及时发现问题并作出调整。2014年下半年，又举行数次会议，安排风能领域的专家和企业共同谋划“十三五”重点任务。经过专家们数次探讨协商，最终提出了科技部

“十三五”风能领域重点任务。

本文主要对科技部风能领域“十三五”重点任务做了介绍，并对“十二五”科技部风能领域的项目的情况做了回顾。

## 1. “十二五”风能领域研发项目回顾

### 1.1 “十二五”风电领域课题安排（万元）

计划类别	项目名称	类别	国拨经费	启动时间
863计划	先进风力机翼型族设计与应用技术	主题	2718	2012年
	海上风电场建设关键技术研究	主题	3876	2012年
	超大型海上风电机组设计技术研究	主题	1630	2012年
	前端调速式风电机组设计制造关键技术研究	主题	892	2012年
	适合低风速、高原、耐低温风电机组设计制造关键技术研究	主题	953	2012年
	海上风电电力输送、施工和浮动式基础关键技术与示范	主题	2540	2013年
支撑计划	风电直接制氢及燃料电池发电系统技术与示范	主题	950	2014年
	7MW级风电机组及关键部件设计和产业化技术	重大	8359	2012年
	分布式中小型风电机组设计制造关键技术	重点	1475	2012年
	风电机组智能控制与智能型风电场关键技术与示范		4500	2015年
	风电机组测试技术		4150	2015年
合计			32043	

1.2 “十二五” 风能领域各课题分解内容 (万元)

(1) 先进风力机翼型族设计与应用技术 (2012)

课题分解		课题经费配置		课题承担及参与单位
序号	名称	总经费	支持额度	
1	先进风力机翼型族设计技术研究	678	678	西北工业大学、中国空气动力研究与发展中心, 北京航空航天大学, 汕头大学, 华北电力大学, 重庆大学、中科院工程热物理所等
2	低风速条件下先进风力机翼型的应用技术研究	1440	690	中材科技风电叶片股份有限公司、中国空气动力研究与发展中心等
3	大厚度、钝尾缘、低噪声翼型设计应用技术	1435	685	中科院工程热物理所, 国电联合动力技术有限公司, 西北工业大学, 华北电力大学
4	风力机翼型和叶片空气动力性能测量与评估技术研究	665	665	中国空气动力研究与发展中心, 西北工业大学, 中国航空工业空气动力研究院、中科院工程热物理所

(2) 海上风电场建设关键技术研究 (2012)

课题分解		课题经费配置		课题承担及参与单位
序号	名称	总经费	支持额度	
1	海上风资源、海况及地质勘测测量技术研究	920	420	中国水电工程顾问集团公司 大唐山东发电有限公司
2	风电机组基础的设计技术研究	1135	535	启东道达重工有限公司 中国水电工程顾问集团公司
3	海上风电场设计、施工、运维相关技术规范及检测认证体系建设	1110	510	华能新能源股份有限公司 上海东海风力发电有限公司
4	海上风电送出系统设计技术研究	1084	484	大唐山东发电有限公司 中国水电工程顾问集团公司
5	海上风电工程建设施工关键技术及装备设计	1300	600	龙源电力集团股份有限公司 启东道达重工有限公司
6	海上风电场运维技术及装备设计	1130	530	龙源电力集团股份有限公司 华能新能源股份有限公司
7	大型海上风电场全生命周期的管理决策系统研究	557	257	华能新能源股份有限公司 上海东海风力发电有限公司
8	海上风电防腐技术研究	570	270	龙源电力集团股份有限公司 上海东海风力发电有限公司
9	海上风电场环境评价研究	570	270	上海东海风力发电有限公司 启东道达重工有限公司

## (3) 超大型海上风电机组设计技术研究(2012)

课题分解		课题经费配置		课题承担及参与单位
序号	名称	总经费	支持额度	
1	超大型直驱永磁式海上风电机组设计技术研究	1282	582	江苏金风风电设备制造有限公司、天和风电叶片江苏公司、北京天诚同创电气有限公司
2	超大型超导式海上风电机组设计技术研究	1198	548	国电联合动力技术有限公司、中科院电工所、清华大学等
3	超大型增速式海上风电机组设计技术研究	1100	500	华锐风电科技(集团)股份有限公司、上海交通大学、华能新能源股份有限公司等

## (4) 前端调速式风电机组设计制造关键技术研究(2012)

课题分解		课题经费配置		课题承担及参与单位
序号	名称	总经费	支持额度	
1	前端调速式风电机组设计制造关键技术研究	1550	450	兰州电机股份有限公司 兰州理工大学和兰州交通大学
2	前端调速设计制造技术	765	265	
3	前端调速同步式风电机组并网技术研发	577	177	

## (5) 适合低风速、高原、耐低温风电机组设计制造关键技术研究(2012)

课题分解		课题经费配置		课题承担及参与单位
序号	名称	总经费	支持额度	
1	适用于低温风区的风电机组关键技术研究及示范	1390	390	北京金风科创风电设备有限公司 清华大学
2	适用于高原风区的风电机组关键技术研究及示范	1285	285	北京金风科创风电设备有限公司 华电国际电力股份有限公司
3	适用于低风速风区的风电机组关键技术研究及示范	1278	278	北京金风科创风电设备有限公司

## (6) 7MW级风电机组及关键部件设计和产业化技术(2012)

课题分解		课题经费		课题承担及参与单位
序号	名称	总经费	支持额度	
1	7MW级风电机组产业化关键技术研发	4485	2185	浙江运达风电股份有限公司、大唐山东发电有限公司、沈阳华创有限公司

2	7MW级风电叶片产业化关键技术研发	3790	1790	连云港中复连众复合材料集团有限公司、中国科学院工程热物理研究所、中材科技风电叶片股份有限公司、南京航空航天大学汕头大学、武汉理工大学、泰山玻璃纤维有限公司
3	7MW级风电发电机产业化关键技术研发	1950	950	中科盛创(青岛)电气有限公司、沈阳华创风能、中科院电工所、华中科技大学、天和风电叶片江苏有限公司
4	7MW级风电变流器及控制系统产业化关键技术研发	2879	1379	深圳禾望电气公司、海南新南方电力科技有限公司、阳光电源股份有限公司、保定科诺伟业控制设备有限公司
5	7MW级风电齿轮箱及主轴轴承产业化关键技术研发	4255	2055	南京高速齿轮制造有限公司、重庆齿轮箱有限责任公司、大连重工起重集团有限公司、瓦房店轴承集团、重庆大学、重庆理工大学、燕山大学

(7) 分布式中小型风电机组设计制造关键技术研究(2012)

课题分解		课题经费配置		课题承担及参与单位
序号	名称	总经费	支持额度	
1	先进中小型风电设计制造关键技术研发	1710	810	内蒙古华德新技术公司、内蒙古工业大学、广州红鹰科技有限公司、包头市天隆永磁电机制造有限公司、浙江华鹰风电设备有限公司等
2	中小型风电机组检测认证关键技术研究	1365	665	内蒙古工业大学、北京鉴衡认证中心有限公司、内蒙古自治区农牧业机械试验鉴定站等

(8) 海上风电电力输送、施工和浮动式基础关键技术与示范(2013)

课题		课题经费概算		课题承担单位
序号	名称	总经费	国拨经费	
1	海上风电场送电系统与并网关键技术研究及应用	3000	1000	中国电力科学研究院 国电南瑞科技股份有限公司
2	海上风电场建设专用设备研制与应用示范	3000	600	华锐风电科技(集团)股份有限公司
3	基于钢筋混凝土结构的海上风电机组局部浮力基础研制	3170.39	540	湘电风能有限公司
4	浮筒或半潜平台式海上风电机组浮动基础关键技术研究及应用示范	2000	400	新疆金风科技股份有限公司

(9) 风电直接制氢及燃料电池发电系统技术与示范 (2014)

课题		课题经费概算		课题承担单位
序号	名称	总经费	国拨经费	
1	风电耦合制储氢燃料电池发电柔性微网系统开发与示范	1200	567	中节能风力发电股份有限公司
2	风电制氢与燃料电池集成系统关键技术研究及示范	800	383	中国大唐集团科学技术研究院有限公司

(10) 风电机组智能控制与智能型风电场关键技术研究及示范 (2015)

课题		课题经费概算		课题承担单位
序号	名称	总经费	国拨经费	
1	风电机组智能控制技术研究及示范		1500	浙江运达风电股份有限公司
2	大型风电场智能化运行维护系统研究与示范		1500	广州机械科学研究院有限公司 国网冀北电力有限公司
3	智能风电场设计优化关键技术研究及示范		1500	上海电气风电设备有限公司

(11) 风电机组测试技术 (2015)

课题		课题经费概算		课题承担单位
序号	名称	总经费	国拨经费	
1	海上风电机组试验检测关键技术研究及设备研制		3000	中国电力科学研究院
2	大型风电机组传动链测试技术研究		1150	中国科学院电工所

## 2. “十三五”风能方向重点任务前瞻

### 2.1 “十三五”风能方向重点任务五大方向

序号	重点任务	备注
1	10MW 级风电机组关键技术研究及验证	重大
2	基于度电成本最优的 7MW 级风电机组研制及示范	重大
3	大型风电关键零部件试验及系统数模仿真公共研发平台	重大
4	大型风电场（群）设计与运行优化技术研究及示范	重点
5	大型海上风电场开发成套关键技术研究及示范	重大

### 2.2 “十三五”风能方向重点任务解析

#### （1）10MW 级风电机组关键技术研究及验证

项目的意义和必要性：超大型化和模块化是未来深海风电机组应用的必然的发展方向；

预期达到的水平和目标：掌握 10MW 级风电机组及部件关键技术自主研发设计能力，研制安装 10MW 级缩比容量不低于 3MW 的原型机并网运行，对新技术进行验证，为开发奠定技术基础；

项目主要技术内容：10MW 级海上风电机组环境适应性、总体方案、载荷优化、仿真、测试，及缩比模型；10MW 级海上风电机组控制策略及缩比原型机验证；100m 级高效风电叶片翼型/气动/结构；

项目关键技术：10MW 级海上风电机组系统稳定性及模块化设计技术；10MW 级风电机组载荷安全与智能化控制技术；100m 级高效

风电叶片气弹、结构设计及新材料应用；10MW 级高可靠性传动链设计制造技术；10MW 级中压变流器设计制造技术；

项目标志性成果：10MW 级海上风电机组设计平台；研制安装 10MW 级缩比容量不低于 3MW 的原型机，并网运行；

#### （2）基于度电成本最优的 7MW 级风电机组研制及示范

项目的意义和必要性：对于海上风电场建设，需要单机容量更大的机组以降低整个风电场的建设安装和运行维护成本，从而降低度电成本；

预期达到的水平和目标：完成 7MW 级风电机组及其关键零部件的产业化制造能力，降低机组成本，并优化海上风电度电投资成本，提高我国 7MW 级海上风电机组的可靠性、运行稳定性和智能化水平，带动中国风电设备制造产业发展；

项目主要技术内容：基于度电成本最优的 7MW 级风电机组一

体化设计关键技术研究，7MW 级风电机组关键部件开发和产业化技术研究，风电机组智能控制技术研究，风电机组运行可靠性分析评估技术，电网友好性应用技术研究，在线监测和故障诊断技术，风电机组的海洋环境适应性设计技术；

项目关键技术：基于度电成本最优的 7MW 级风电机组一体化设计关键技术；7MW 级风电机组及其关键部件开发和产业化技术研究；风电机组智能控制技术；风电机组运行可靠性分析评估技术；风电机组的海洋环境适应性设计技术；

项目标志性成果：7MW 级风电机组的批量制造和应用；7MW 级风电机组关键部件的批量制造和应用；

#### （3）大型风电关键零部件试验及系统数模仿真公共研发平台

项目的意义和必要性：公共服务平台不完善严重制约我国风电自主创新能力和产品质量提升；建立实验室条件的风电关键零部件

和并网性能公共研发试验平台是实现大容量风电机组研发的必要条件；

预期达到的水平和目标：建立针对海上规模化风电场进行现场实测、风洞试验、数值模式的手段，建立有加载功能的传动链测试台，提升我国风电整机及零部件研发实验技术；

项目主要技术内容：风电系统空气动力学实验技术、大型风电机组传动链地面实验和建设技术、大型风电机组数模混合实时仿真实验技术、多尺度风电场数模混合实时仿真实验技术、海上风电综合测试技术；

项目关键技术：100m 级叶片气动性能及可靠性试验评价技术；10MW 级风电机组传动链地面研制和试验技术；大型风电数模混合实时仿真实验技术；海上风电试验检测关键技术；

项目标志性成果：建立 100m 级叶片气动性能及可靠性研发试验系统；建立 10MW 级风电机组传动链地面研发试验系统；建立大型风电机组 / 风电场数模混合仿真研发试验系统；建立海上风电试验系统；

(4) 大型风电场（群）设计与运行优化技术研究及示范

项目的意义和必要性：我国风电开发正从注重规模向注重质量转变，亟需提高风电场设计运行水平，降低运维成本，提高发电量；实现风力发电高效、稳定的就近入网、就地消纳的分散式利用；

预期达到的水平和目标：建立全面、完整的风电场性能参数采集检测处理系统；提出对特殊地形、

特殊环境下的风电场设计方法；研制风电场运行监控系统；掌握风电分散式利用关键技术；

项目主要技术内容：风电场全方位、全科目性能参数采集检测技术；特殊地形、环境条件下风电场设计方法研究；大规模风电基地规划设计性能和实际运行性能分析技术；分散式风电资源评估与优化技术；

项目关键技术：特殊地形、环境条件下风电场设计方法的研究；风电场智能传感与数据采集系统研制；开发具有自动预警、优化功能的风电场运行监控调度管理系统；大规模风电基地实际运行数据分析处理方法研究；大规模风电基地规划设计性能和实际运行性能的对比分析研究；分散式风电利用关键技术；

项目标志性成果：10 万千瓦以上级智能风电场设计与示范应用；风电机组故障智能诊断、风电场智能传感与数据采集系统；具有自动预警、优化功能的风电场运行监控调度管理系统；不低于 5MW 的分散式风电典型系统工程示范；

(5) 大型海上风电场开发成套关键技术研究及示范

项目的意义和必要性：为了有效规避风险，保障海上风电建设健康稳定发展，提高海上风电场建设的经济性，服务国家海上风电发展战略，亟需开展海上风电场成套设备关键技术研究及示范重点工程；

预期达到的水平和目标：建成不少于 10 万千瓦近海风电场示范工程，提高 7MW 级海上风电机组的可靠性、运行稳定性和智能化水

平，形成海上风电工程技术标准和建设管理体系；

项目主要技术内容：海上风资源分析；海上风电机组基础、设计及施工关键技术；海上风电场设计及风电变电、送出、运维技术；

项目关键技术：海上风电场规划设计技术；7MW 级海上风电机组产业化；海上风电基础设计及施工技术；大型海上风电集电系统及并网关键技术；海上风电运维技术及设备；海上风电生态及环境影响研究；

项目标志性成果：3-5 家 7MW 级风电机组及部件产业化基地；1 个 10 万千瓦级的海上风电场；海上风电机组可利用率不低于 96%；至少两种结构基础示范；海上风电场运维装备；

### 3. 结语

风能作为越来越重要的可再生能源，未来还将进一步提升在全社会用电量中的比重。发展风能不是一朝一夕，而是在相当长的时期内的事情。而风电设备制造业整体水平的高低是决定风能产业效益的最关键一环，全面提升我国风电科技水平势在必行。

科技部“十三五”风能领域的重点任务的提出，立足我国风电发展状况和风电科技研发的战略需求，结合国家能源产业发展和科技发展战略的总体部署，紧扣当前风电制造业的实际情况，对整个风电整机制造业的技术方向有着重要引导作用。

# 新能源风光互补路灯远程管理系统的研究

文 / 中科恒源科技股份有限公司 徐钢

**摘要:** 随着环境问题的日益突出和常规能源的日渐贫乏,新能源的开发利用越来越得到各国的重视,风光互补路灯也被众多的政府机关和企业单位投入到环境建设中。在此基础上,实现对风光互补路灯科学化、智能化、标准化管理,能进一步提高新能源使用的效益,获得更多的公众认可。

本文通过全面分析风光互补路灯的结构,并结合监控系统的特点,设计出该管理系统的整体方案。系统采用了 ZigBee 组网技术实现路灯之间的数据传送,然后使用 GPRS 无线通信技术完成智能控制器与管理中心的数据远程通信,达到通过 Internet 互联网实现对风光互补路灯的远程管理和三遥控制。

本系统通过测试分析和实际应用,有效地实现了对风光互补路灯的科学管理和智能控制,降低了运行、维护成本,提高了社会、经济效益,具有广阔的市场前景。

**关键词:** 风光互补 路灯 远程管理 无线通信

## 1. 引言

近些年来,全球气候日益恶化、能源需求不断攀升、石油价格快速上涨,让可再生能源的开发利用越来越受到国际社会的高度重视。许多国家提出了明确的可再生能源发展目标,制定了支持可再生能源发展的法规和政策,促使可再生能源的研发水平不断提升、产业规模逐步扩大。未来,新能源产业的快速发展,既是整个能源供应系统的有效补充手段,也是环境治理和生态保护的重要措施,成为满足人类社会可持续发展需要的最终能源选择。本文所讲述的风光互补路灯远程管理系统是以理论研究为基础、工程实践为目的,力求将理论方法与实际应用达到最完美的结合。

路灯代表了一座城市的形象和标志,客观地反映了这座城市的建设水平和人文风貌,对路灯的现代化管理水平也能反应出一座城市的经济发

展,优质的路灯亮化工程对提高夜间交通安全、促进城市文明建设、吸引外商投资、改善民生环境等等都起到了至关重要的作用。当前,建立控制智能化、运行可靠化、能源低碳节约化的照明系统,已经成为城市现代化管理的必然要求和经济发展的必然趋势。

## 2. 整体方案

### 2.1 系统架构

本系统为新能源风光互补路灯提供远程管理的实现,涉及通信技术、控制技术、计算机技术、数据库技术、地理信息系统技术等多学科综合应用。结合实现方法、成本控制等多方面的考虑,设计出该系统的拓扑结构,如下图 2-1 所示:

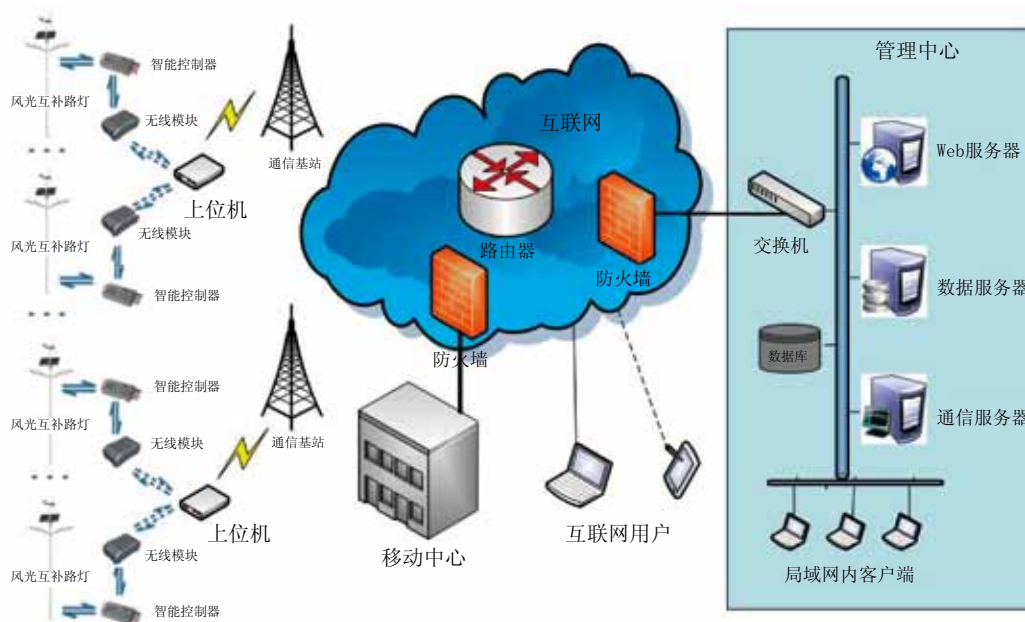


图 2-1: 系统拓扑图

整个系统由路灯通信设备和管理中心系统组成。路灯通信设备负责在管理中心和路灯之间建立通信链路、传输指令数据、缓存状态信息等功能。管理中心系统实现对远程风光互补路灯的控制、状态监测、数据分析及统计报表等功能。

## 2.2 风光互补路灯组成

在一天中，白天太阳光强烈时，风力一般比较小；而晚上没有日照后，地表的温差变大，风力开始加强。而在一年当中，夏季的太阳光强度比较大，而风力相对比较小；冬季的风力比较大，但是太阳光比较少。这样，太阳能和风能在时间和季节上形成很好的互补，组成一个最佳的发电

系统予以充分利用。风光互补路灯的基本组成如下图 2-2 所示：

一杆风光互补路灯主要由太阳能光伏组件、风力发电机、智能控制器、蓄电池、灯杆、灯头（包含光源）等部件组成，如图 2-3 所示：

## 2.3 管理中心组成

本系统的管理中心由多台关联的服务器组成，分别完成不同功能模块的任务。管理中心由四个子系统构成，包括：通信服务子系统、数据服务子系统、地图服务子系统和管理平台子系统。整个管理中心的系统架构如图 2-4 所示：

管理平台子系统是整体方案中直接面向用户

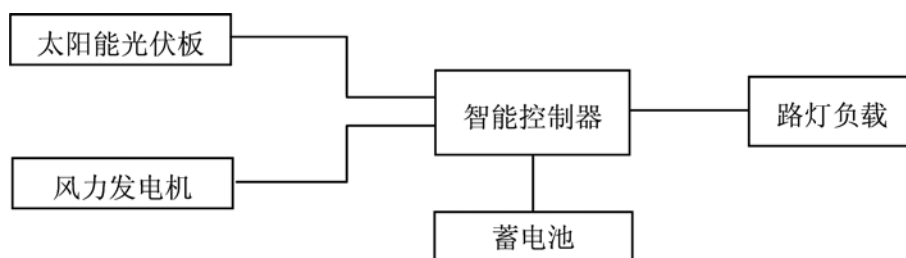


图 2-2: 风光互补路灯系统组成框图

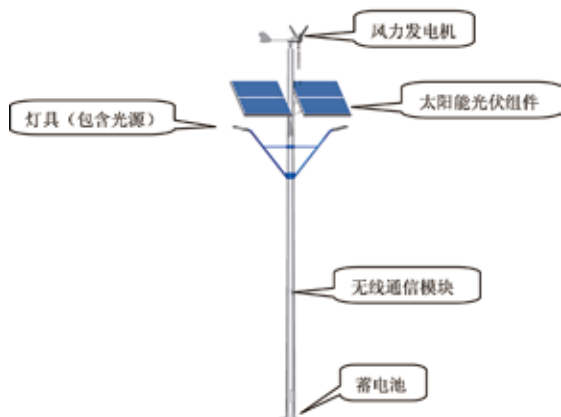


图 2-3: 风光互补路灯结构图

的应用，基于 B/S 结构（Browser/Server，浏览器 / 服务器模式）的 Web 方式实现。它由六大模块组成，其中，“运行采集”和“运行控制”模块是管理平台子系统的核心部分，主要以地图和列表相结合的方式来实现“三遥”功能；“设备管理”和“网设运营”模块用于对路灯设备和无线通信设备进行管理，涵盖了所有硬件设备的查询、添加、更新和删除等；“业主管理”模块是针对业主信

息管理和项目信息的管理；“用户管理”模块是实现对系统用户的管理，通过设定用户权限来实现多级用户的访问控制，还包括用户的添加、更新、删除以及相关权限的定义。

### 3. 通信方案设计

通信方案是新能源风光互补路灯远程管理系统的核心，用于实现管理中心和路灯节点之间的数据通信，包括接收和存储由路灯节点上报的状态数据，接受和发送管理中心的控制指令，以及所有通信节点的调度和管理等各项功能。

#### 3.1 路灯无线组网

目前，大多数城市的路灯设备所采用的管理方式主要还是通过人工使用电闸集中进行统一开关，或者采用光控（或时控）路灯控制器对路灯实现自动控制。这两种方式存在调节不灵活、施工比较复杂、能源利用浪费等问题，给照明系统的管理和维护带来了一定的困难。这种新能源的

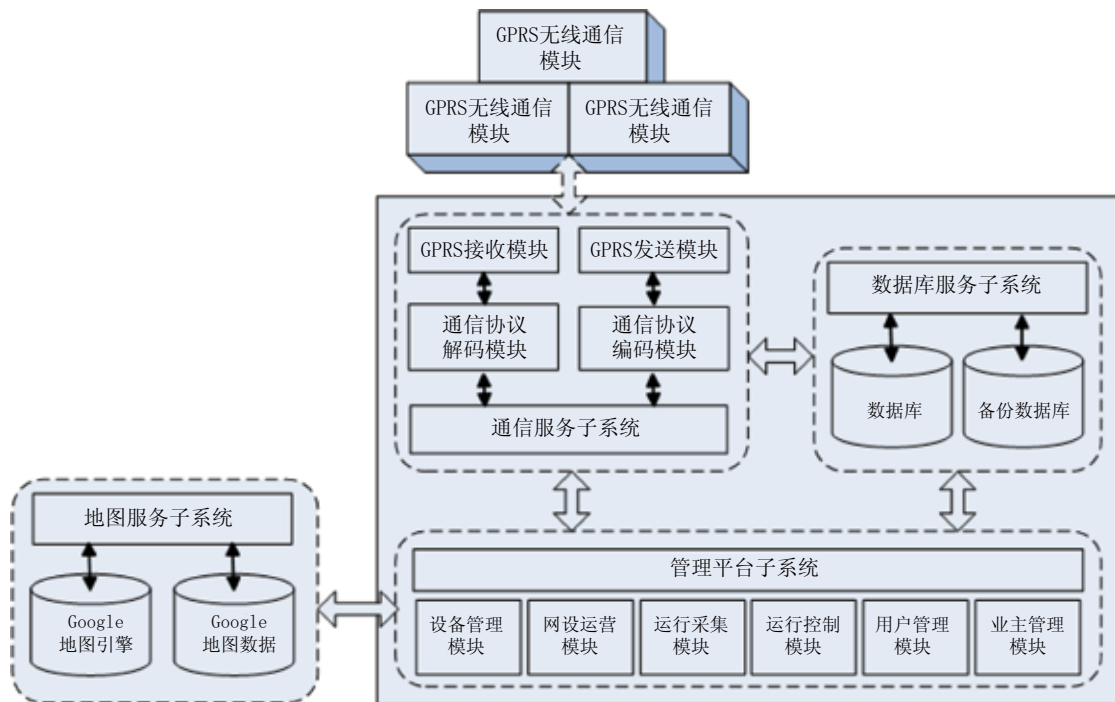


图 2-4: 管理中心系统架构图

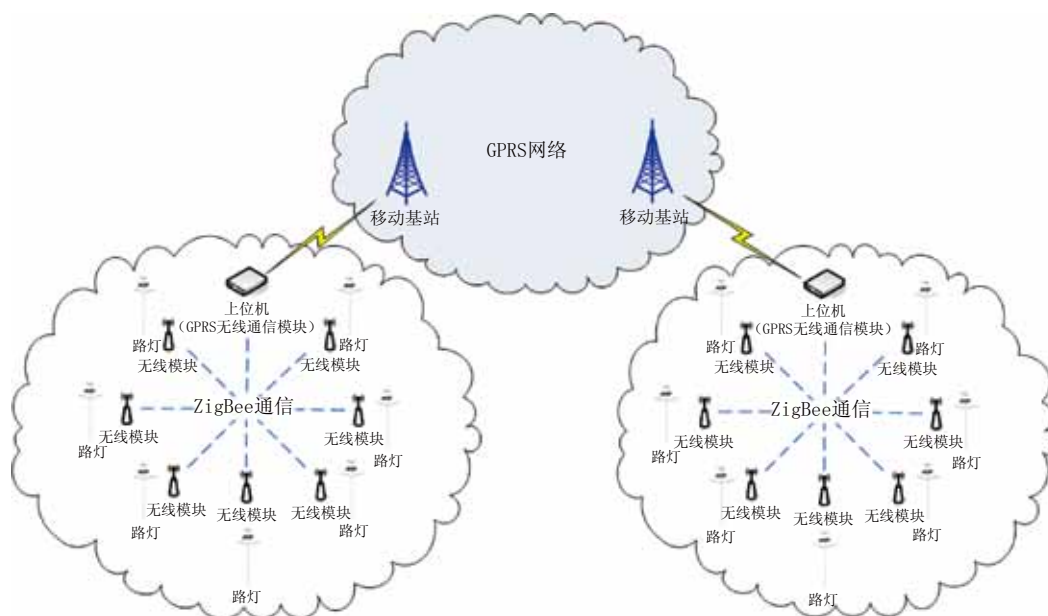


图 3-1：路灯节点网络构成拓扑图

路灯不仅节能环保，而且无需考虑布线问题，维护和使用灵活方便，能够根据不同的地理位置和气候变化进行灵活开关灯，随时了解运行状况，及时发现系统故障，达到降低维护成本、节约电能使用、延长设备使用寿命<sup>[1]</sup>。

本方案在路灯节点上采用 ZigBee 组网技术，结合上位机协调组网和 GPRS 无线通信，并针对系统的实际需求，实现路灯的无线组网解决方案。

为了保证路灯节点之间数据通信的安全性，ZigBee 技术传输的数据采用了密钥长度为 128 位的加密算法进行加密处理。路灯的无线网络采用星形拓扑结构组成，可容纳的最大路灯个数为 128 杆，每杆风光互补路灯的直接通信距离可以在 30 米至 70 米之间，路灯上安装的无线模块设备在保证通信链路质量的条件下，可以自动调整发射功率，实现了能量消耗的最小化。采用 ZigBee 技术实现的路灯无线组网方案满足系统远程控制、实时监控、数据采集、自动调节、能量节约等功能需求，显著提高了风光互补路灯系统的管理水平<sup>[2][3]</sup>。

### 3.2 上位机无线通信

本系统的上位机具有两个功能：一是作为无

线网络的协调器，实现本地无线网络的自动组网功能；二是通过利用公用运营商网络为系统提供无线长距离数据传输功能，实现与管理中心的连接通信。该设备以嵌入式实时操作系统为软件支撑平台，采用高性能的工业级 16/32 位通信处理器和工业级 GPRS 无线模块，内嵌 TCP/IP 协议栈，实现数据的缓存和传输等功能<sup>[6][7]</sup>。

上位机通过 ZigBee 获得路灯节点上发送的指令和数据，再经过 UART 接口（Universal Asynchronous Receiver/Transmitter，通用异步接收/发送装置）传递给 GPRS 模块，GPRS DTU 将数据由 IP 模块进行了 TCP/IP 协议转换，打成 IP 数据包，再由 MC35 模块通过 AT 指令来实现以 GPRS 分组数据包的形式发送到 GSM 网络的 BSS 模块（Base Station Subsystem，基站子系统），经 SGSN 封装后通过 GPRS 骨干网与网关支持接点 GGSN 进行通信，GGSN 对分组数据进行相应的处理，再发送到目的网络 Internet 互联网（或 X.25 网络）。最后，数据包通过 Internet 互联网与监控中心的服务器建立 SOCKET 通信连接后实现双向通信<sup>[6][7][8]</sup>。图 3-2 给出了 GPRS 与 Internet 进行连接的原理图。

这条连接涉及到无线网络运营商、因特网宽

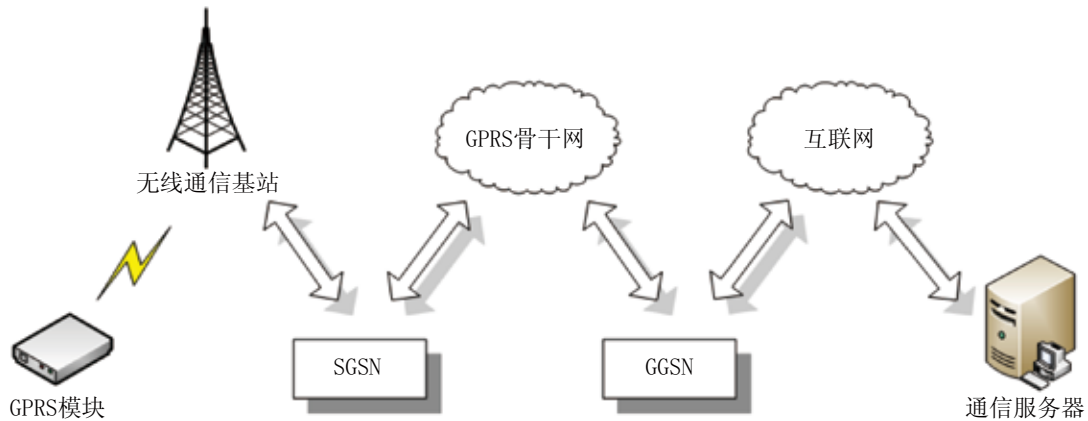


图 3-2: GPRS 与 Internet 进行连接的原理图

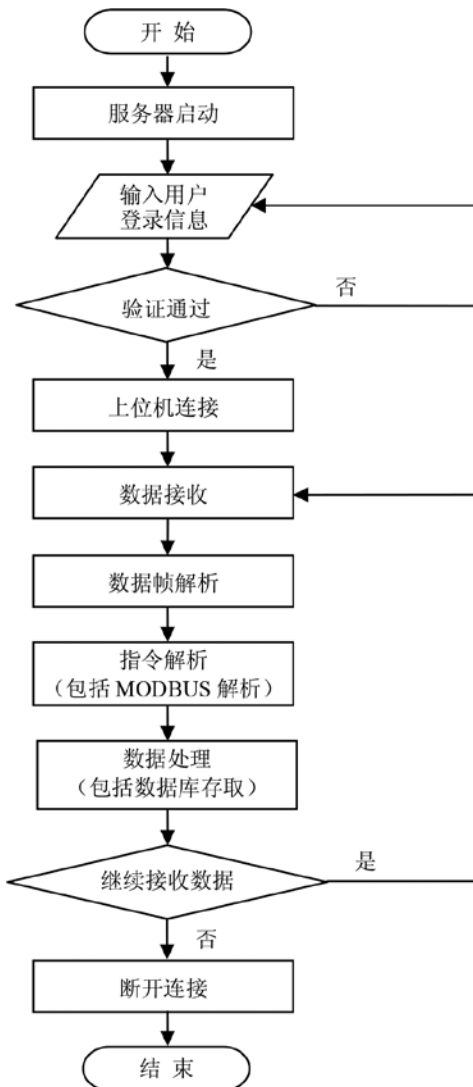


图 3-3: 通信系统工作流程图

带供应商、新能源风光互补路灯管理中心以及通信服务器配置等环节，因此要建立这条连接需要把各部分都配置好。

### 3.3 管理中心通信设计

管理中心的通信服务子系统主要负责管理中心与上位机节点之间的数据连接和数据通信，包括接收和存储由上位机节点上报的路灯状态数据，接受和发送由管理中心下发的路灯控制指令，以及所有上位机节点的唤起、调度和管理等功能。通信服务子系统的工作流程如下图 3-3 所示：

管理中心的通信数据体系结构如下图 3-4 所示：

传输层是以 TCP/IP 协议为基础建立通信连接，为上层的应用提供服务。上位机客户端连接

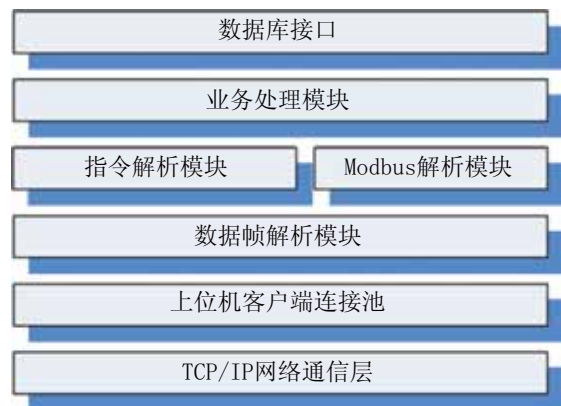


图 3-4: 通信数据体系结构图

表 3-1: 数据帧定义

帧头	长度	设备 ID	流水号	指令类型	数据内容	校验码
1B	2B	8B	2B	1B	NB	2B

池管理了连接到服务器上的所有上位机，建立 SOCKET 基础连接，并负责客户端的连接、数据接收和发送、客户端断开等操作。考虑到上位机连接数量比较大，系统的数据实现并发操作，所以，对消息的处理采用异步通信的方式。数据帧解析模块负责解析上位机发送的数据帧。通信数据包中的每一帧数据定义如下表 3-1 所示：

指令解析模块负责解析除了 MODBUS 指令以外的所有上位机指令，MODBUS 解析模块专门负责解析 MODBUS 指令，MODBUS 解析和指令解析模块在同一级中。业务处理模块负责处理所有模块解析出的数据的业务逻辑。数据库接口提供了指令和数据库之间的数据定义，业务处理模块利用数据库接口实现对指令和数据的读取与存储等功能。

#### 4. 结论

本文基于新能源风光互补路灯的基本原理和组成结构，对整个系统进行了分析，提出了在路灯节点上采用 ZigBee 组网技术、对上位机采用 GPRS 技术实现与管理中心的数据通信，并根据具体需求对管理中心的系统做了切实可行的架构设计，建立了实现新能源风光互补路灯远程管理的整体方案。

通过对本系统的研究和实践，达到了路灯远程管理要求，改进了传统路灯的管理方案，优化了远程控制的通信设计，提升了新能源利用的市场价值，最终满足了新能源风光互补路灯远程管理系统的整体目标。

#### 参考文献：

- [1] 王胜平. 基于 ZigBee 网络的路灯监控系统的研究 [D]. 广东：华南理工大学, 2010:17-36.
- [2] 王少用. 基于 ZigBee 网络的风光互补 LED 路灯监控系统的研究 [D]. 广东：华南理工大学, 2011:15-38.
- [3] 唐洁方. 基于 ZigBee 的数字路灯调控系统的研究与应用 [D]. 广东：广东工业大学, 2012:11-23.
- [4] 吕捷. GPRS 技术 [M]. 北京：北京邮电大学出版社, 2001:48-160.
- [5] 吴欢. 微控制器基于 GPRS 无线上网的实现 [J]. 信息与电子工程, 2007, 5(02):134-137.
- [6] 卢满怀. GPRS 数据传送服务的无线通信控制器设计 [J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2004, 4(08):9-11.
- [7] 陈小兰, 苏武浔. 一种基于移动通信网络的无线数传系统 [J]. 福建电脑, 2007, 23(02):123-124.
- [8] 葛华. 单片机嵌入式 Internet 技术的研究与应用 [J]. 科技信息, 2009, 26(02):189-190.

# 中国小型风电机组参与国际测试认证的体会与建议

文 / 浙江华鹰风电设备有限公司 俞锐

中国小型风电机组起步于上世纪八十年代，为解决内蒙古村民照明用电问题得到迅速发展并开始销往世界各国。客观地讲，由于控制技术、生产工艺、经营理念的差异导致小风电机组品质的稳定性、可靠性、安全性较差，世界各国对中国小风电机组的印象和口碑并不是很好。但近几年来，随着中国小风电机组厂家积极采用新技术、新工艺，按照 IEC61400-2 国际标准设计、制造，小风电机组的品质有了本质的提高。涌现了像浙江华鹰、广州红鹰、上海致远、青岛安华等许多优秀小风电机组制造厂家。其中，浙江华鹰积极参与国际测试认证，于 2012 年 11 月获得了英国 TUV NEL 颁布的 MCS 证书，这是中国及全亚洲的首张 MCS 证书。



## 1. 英国 MCS 与美国 SWCC 认证现状与流程

### 1.1 英国 MCS 与美国 SWCC 认证现状

IEC61400-2 标准目前已升级到第 3 版，世界各国都非常重视，英国与 2008 年 2 月 29 日针对该标准的 BWEA 标准，推出了 MCS 认证；美国则推出了 AWEA 标准和 SWCC 认证要求，这是迄今为止国际上最有影响力、认可度最高的两项小风电机组认证。

截止 2013 年 9 月 28 日，根据 SWCC 官网消息，全球共 6 家公司的 7 个机型通过了 SWCC 认证，其中美国 2 家，加拿大 1 家，英国 2 家，南非 1 家。

SWCC labels, certificates and summary reports are accessible below for certified turbines.

Applicant	Turbine	Rated Annual Energy @ 5 m/s1	Rated Sound Level2	Rated Power @ 11 m/s3	Certification Granted4	Certification Number
Bergey Windpower Co.	Excel 10	13,800 kWh	42.9 dB(A)	8.9 kW	11/16/2011 Renewed 11/16/2012	SWCC-10-12 Certification Documents
Bergey Windpower Co.	Excel 6	9,920 kWh	47.2 dB(A)	5.5 kW	06/17/2013	SWCC-10-11 Certification Documents
Endurance Wind Power Inc.	Endurance S-343	8,910 kWh	46.6 dB(A)	5.4 kW	07/31/2013	SWCC-10-09 Certification Documents
Evance Wind Turbines Ltd.	Evance R9000	9,160 kWh	45.6 dB(A)	4.7 kW	12/18/2012	SWCC-10-27 Certification Documents
Eveready Diversified Products (Pty) Ltd.	Kestrel e400nb	3,930 kWh	55.6 dB(A)	2.5 kW	02/14/2013	SWCC-10-16 Certification Documents
Kingspan Environmental	KW6	8,950 kWh	43.1 dB(A)	5.2 kW	06/17/2013	SWCC-11-04 Certification Documents
Southwest Windpower	Skystream 3.7	3,420 kWh	41.2 dB(A)	2.1 kW	12/19/2011 Renewed 12/19/12	SWCC-10-20 Certification Documents

截止至 2013 年 9 月 28 日，根据 MCS 官网消息，全球共 15 家公司的 29 个机型通过 MCS 认证，其中欧洲 11 家，其中，英国 5 家，奥地利、爱尔兰、法国、德国、意大利、西班牙各 1 家，北美美国 2 家，非洲南非 1 家，亚洲中国 1 家。

现在越来越多的国家要求通过国际认证，以获得该国的新能源电价补偿，这既是为了保护小风电机组用户的切身利益，也有利于小风电机组行业的健康发展。但是仅从认证本身而言，无论

是 MCS 还是 SWCC，要取得相关认证，除了风电机组本身的品质要过硬以外，还需要大量的时间、人力与财力。

## 1.2 英国 MCS 认证与美国 SWCC 认证流程

英国 MCS 认证与美国 SWCC 认证都是依据 IEC61400-2 标准推出的，基本要求一致，流程也一致，但也有区别：①英国 MCS 认证需要进行 FPC 审核；②噪音报告要求不一样。

Region	Country	Manufacturer	Turbine Model	Rated Power	Certification	
欧洲	英国	Evance	Evance R9000	HAWT5kW	MCS WT0099/01	
		Evoco	Evoco 10	HAWT10kW	MCS WT0054/01	
		Kingspan	Kingspan KW6		TUV 0008	
		Kingspan	Kingspan KW6 - Dual phase	HAWT6kW	TUV 0012	
		Kingspan	Kingspan KW6 - Three phase		TUV 0013	
		Gale-wind	GW-133	HAWT11kW	TUV 0002	
		Proven	P35-2 (with the fix)	HAWT15kW	TUV 0009	
	奥地利	Westwind	Westwind 20kW	HAWT20kW	MCS WT0118/01	
		Westwind	Westwind 10kW	HAWT10kW	MCS WT0118/02	
		Westwind	Westwind 6kW	HAWT6kW	MCS WT0118/03	
	爱尔兰	C&F	CF 11 11kW Single Phase		INT WT20947/1	
			CF 11 11kW Split Phase	HAWT11kW	INT WT20947/2	
			CF 11 11kW Three Phase		INT WT20947/3	
			CF 15 15kW Single Phase		INT WT20879/1	
			CF 15 15kW Three Phase	HAWT15kW	INT WT20879/2	
			CF 15 15kW Split Phase		INT WT20879/3	
			CF 20 20kW Single Phase		INT WT20880/1	
			CF 20 20kW Split Phase	HAWT20kW	INT WT20880/2	
			CF 20 20kW Three Phase		INT WT20880/3	
德国			Eoitec	Eoitec Scirocco E5.6	HAWT6kW	MCS WT0134/01
法国			Aircon	Aircon 10S	HAWT10kW	TUV 0007
意大利			Tozzil Nord	TN 535 (ABB Inverter) three phase output		NQA WT 0001/01
	TN 535 (Gendrive inverter) single phase output			NQA WT 0001/02		
西班牙	Sonkyo	Windspot 3.5 single phase configuration	HAWT 3.5	INT WT21151 L/2		
		Windspot 3.5 three phase configuration		INT WT21151 L/1		
北美洲	美国	Bergey	Bergey Excel 10	HAWT10kW	MCS WT0116/01	
		Xzeres	Xzeres-4425R Wind Generator	HAWT10kW	BB-A0071	
亚洲	中国	Kestrel	Kestrel e400nb 3.5kW 250V	HAWT3.5kW	TUV 0010	
		HYS-AD5.6		HAWT5kW	TUV 0011	

MCS 认证流程：

IETM	REQUIREMENTS	STANDARD	TASKS
1	Product testing and assessment	MCS 006 Renewable UK Small Wind Turbine Performance and Safty Standard 29 February 2008 Relevant parts of: IEC 61400-2:2006 IEC 61400-11:2003 IEC61400-12-1:2006 IEC61400-14	Test/review tasks: Power performance Durability Safty and function Acoustic performance Technical file review
2	Factory Production Control	MCS 010	TUV SUD staff visit factory to review procedures
3	Product certification	Certify turbine in accordance with EN45011	Review results and reports from item 1 and 2

## 2. 中国小风电机组参与国际认证的体会

中国的小风电机组厂家意识到，只有自己生产的小风电机组满足小风电机组国际标准，品质性能能通过 MCS 认证或 SWCC 认证，中国的小风电机组才能够真正走向世界。这条道路是不平坦的，已经有 3-5 家小风电机组厂家正在进行相关的测试与认证，浙江华鹰幸运地依靠过硬的技术与品质通过了 MCS 认证。

下面以浙江华鹰参与通过 MCS 认证为例讲一些体会。

### 2.1 设计文件是基础，非常重要，是小风电机组测试认证的理论依据

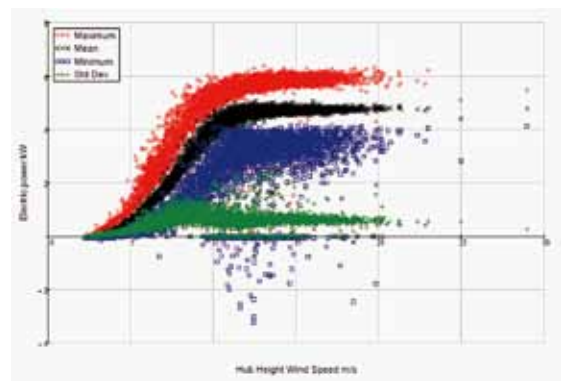
设计文件依据 IEC61400-2 标准进行整理编写，需包括风电机组在标准要求各设计工况下的载荷计算与分析 and 零部件应力计算校核、疲劳寿命计算校核、模拟故障分析以及风电机组结构和运行原理说明等；还需包括外部环境分析和电路负荷条件分析，外部环境包括风况和其他例如温湿度、地震等情况分析；还包括参数说明、安装、

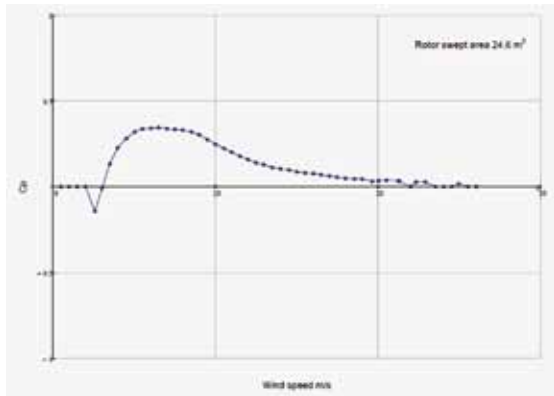
操作、维护说明、技术图纸、生产工艺、装配工艺、产品质量计划、生产测试记录等资料。

设计文件评估是一项很重要的工作，既是对小风电机组设计理念与技术的考核，也是小风电机组运行测试基础，更多的企业应更重视设计文件的准确性、完整性。

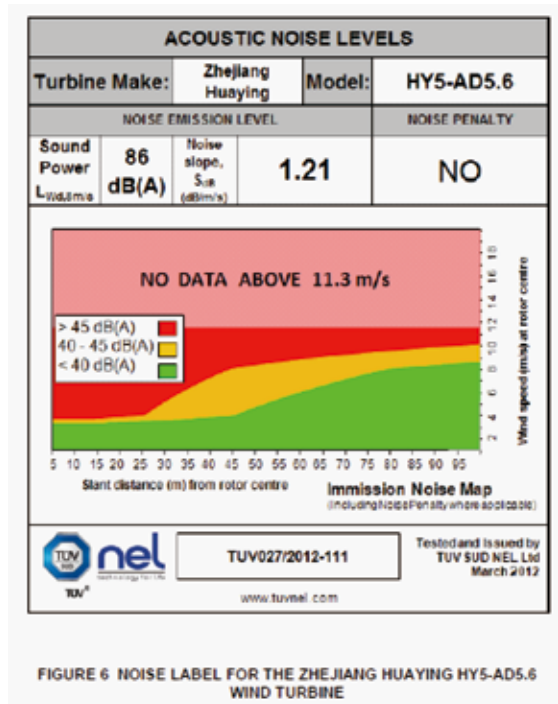
### 2.2 测试是根本，难度大、时间长、风险高

2.2.1 功率测试：测试功率曲线，反映 11m/s 下功率的高低和年发电量的大小，容易通过。





2.2.2 噪音测试：测试小风电机组的实际噪音水平，供安装时使用，容易通过。



2.2.3 耐久性测试：最难的一个环节。在测试期间要求：

- (1) 至少 90% 的运行时间，运行时间不少于 6 个月；
- (2) 风力发电机运行中风电机组和主要部件没有重要故障；
- (3) 没有明显的磨损、腐蚀和主要零部件损耗；
- (4) 不同风速下运行要求。

TEST REQUIREMENT	TIME COMPLETED	ACHIEVED REQUIREMENT
At least 6 months of operation	6 months	✓
At least 2500 hours of power production in wind of any velocity	3009 hours	✓
At least 250 hours of power production in wind of $1.2V_{ave}$ and above (10.2 m/s for Class II)	613 hours	✓
At least 25 hours of power production in wind of $1.8V_{ave}$ and above (15.3 m/s for Class II)	88 hours	✓
At least 25 hours of normal wind turbine operation in wind of 15 m/s and above	102 hours	✓
At least 25 hours of wind at 15 m/s and above	102 hours	✓



只要有一个部件发生故障，测试即被终止，必须重新开始，浙江华鹰第一次耐久测试4个月因一颗螺丝松掉导致风电机组测试被终止，修复后重新开始测试。耐久性测试对所有小风电机组厂家都是一个严峻的考验。

2.2.4 安全与性能测试：较难的一个环节，是认证的核心环节：功率与转速控制、偏航控制、超风速下的开机、关机。

另一个较难的环节是超速控制、空载超速实验。

### 2.3 工厂制造控制（FPC）是保障，推动MCS 认证保持恒定

依照英国 MCS010 条款进行工厂 FPC 审核，要求生产厂家全面保证生产现场管理水平和产品质量控制水平，保持产品质量可追溯与可持续发展，这个环节很有必要。

## 3. 对各国小风电机组推广国际认证的建议

英国著名学者 Jeremy Rifkin 在其著作《第三次工业革命》（THE THIRD INDUSTRM

REVOLUTION）中指出，新能源将与发达的信息技术引领人进入第三次工业革命时代。这说明小风电机组产业的市场前景是广阔的，而国际认证的提出又为小风电企业的发展张开了过渡网。让优秀的小风电企业更加优秀，落后的小风电企业退出市场，这是历史的必走趋势，但是现在有越来越多的国家制定属于自己国家的标准，如果每一个国家都有自己的认证标准，一个风电企业进入该国必须去测试获得其认证，那将对世界小风电产业将会是一场灾难。因此我们提出如下建议：

（1）建议以 MCS 认证为基础，获得 MCS 认证即获得欧洲各国的认可：

（2）建议以 SWCC 认证为基础，获得 SWCC 认证即获得美洲各国的认可：

（3）欧洲、美洲、亚洲等各国可以建议建立适合自己国家小型风电机组测试与认证标准，允许进行测试并认证。但已通过 MCS 认证或 SWCC 认证的小风电机组可不用测试，可提供资料申请转换：

（4）建议合适的时候在中国建立国际测试认证场地，并对中国小风电机组进行认证。🌱

# 风轮叶片降噪研究

文 / 上海玻璃钢研究院有限公司 李海涛 张锦南 郭辉  
上海电气风电设备有限公司 赵大文

摘要：本文概述了国内外叶片降噪的相关专利和标准，分析了风电叶片的结构振动与空气动力噪声源特点及其控制技术，并论述了几种降噪措施和方法，为开发设计低噪声叶片提供参考。

关键词：风轮叶片 结构振动 空气动力 降噪措施

## 引言

风能作为解决常规能源告急和全球生态环境恶化问题的一种清洁可再生能源，已成为各国能源工业关注和发展的热点。风能的利用能减少化石能源的消耗，间接减轻了大气污染和水污染，但处理不当则会增加噪声污染<sup>[1]</sup>。随着我国风电装机容量和国产化程度的不断扩大，风电机组的

噪声问题逐渐显现出来，干扰人们的工作和生活。因此，风电机组的噪声控制非常必要，如果不认真研究解决，可能会成为制约我国风电产业发展的一个障碍。本文首先对风力机叶片降噪相关的国内外专利和研究标准进行简单分析，然后对风电机组的重要部件叶片进行噪声机理和控制技术分析，并从叶片设计方面阐述若干种可行的降噪措施和方法。

表 1：涉及叶片降噪的部分美国专利

专利号 / 申请号	申请人	主要内容	公告日期
US7901189	GE	阻尼	2011-3-8
US7927070	Vestas	湍流发生装置	2011-4-19
US7927078	GE	叶尖涡流破坏装置	2011-4-19
US7976276	GE	后缘锯齿	2011-7-12
US8038396	GE	涡流发生器装配	2011-10-18
US8043066	GE	后缘粘接帽	2011-10-25
US8047784	GE	后缘特殊形状组件、声学多孔材料	2011-11-1
US8061986	GE	表面凹凸结构	2011-11-22
US8083488	GE	后缘锯齿	2011-12-27
US8100661	Siemens	叶尖小翼	2012-1-24
US8157532	Gamesa	涡流发生器	2012-4-17

表 2: 国内叶片降噪的发明专利

专利号 / 申请号	专利名称	申请人	主要内容	申请日期
201110451689.6	用于风力涡轮机中的转子叶片的降噪装置	GE	后缘锯齿、粘接、粘接层强度	2011-12-20
201110436987.8	用于风力机中的转子叶片的降噪器	GE	后缘锯齿及上面附带硬毛	2011-12-15
201110372747.6	用于风力涡轮机转子叶片的降噪装置	GE	后缘基板、带孔、配合锯齿	2011-11-04
201110373678.0	用于风力涡轮机转子叶片的降噪装置	GE	锯齿、加强构件、硬毛	2011-11-10
201210182541.1	用于风力涡轮机中的转子叶片的降噪装置	GE	后缘、特殊形状组件、声学多空材料	2012-05-29
201110377885.3	用于风力涡轮机中转子叶片的降噪装置	GE	后缘锯齿; 限定锯齿的中心线、长度、宽度	2011-11-14
201010598814.1	一种具有降噪功能的风力机叶片	中科院热物理所	弦长特殊设计、后缘锯齿	2010-12-21 (已授权)
201210284219.X	一种风机降噪柔性桨叶的制造方法	浙江海洋学院	叶尖安装柔性叶片、增强 PP 塑料、记忆合金	2012-08-12

### 1. 叶片降噪专利简析和相关标准

在风力机噪声研究领域，国外起步较早。目前国外几大风电巨头已申报了大量专利。表 1 列举最近几年关于叶片降噪的部分美国专利。从表中可以看出专利申请人涵盖了全球几大风电巨头。专利涉及的发明内容多以通过附加的组件改变叶片涡流，进而达到降噪的目的。

表 2 汇总了在国内申报的大型风力机叶片降噪的发明专利（由于检索的局限性，有可能未能涵盖全部专利）。从表中可以看出，这些专利申请时间均较晚，除一项已获授权外，其余均未授权。从专利申请人看，尚无国内风电龙头的身影。8 项专利中有 7 项与后缘锯齿有关，显示这一领域的研究比较深入，业内对其降噪效果也比较乐观。表 3 列出了研究风力机噪声的常用标准，供参考。

表 3: 风力机噪声的相关标准

序号	标准号	标准名称	备注
1	IEC 61400-11	Wind turbine generator systems – Acoustic noise measurement techniques	
2	GB/T 22516-2008	风力发电机组 噪声测量方法	等同翻译、采用 1
3	ISO 9613-2	户外传播中的声衰减的计算方法	部分国家采用，如加拿大
4	IEC TS 61400-14	Declaration of apparent sound power level and tonality values, IDT	
5	GB/Z 25425-2010	风力发电机组 公称视在声功率级和音值	指导性技术文件，等同翻译、采用 4

## 2. 噪声分析

风力发电机组在工作过程中受到风及机械部件激励作用（机舱内部的电机、齿轮箱、轴承等主要机械部件在运转过程中相互碰撞摩擦产生振动）会产生较大的噪声。风电叶片的噪声源主要为风轮叶片旋转时引起叶片结构振动噪声和空气动力噪声<sup>[2,3]</sup>。

### 2.1 结构振动噪声

叶片结构振动噪声是叶片与空气产生摩擦或冲击及旋转过程中作用在叶片上的重力等因素，引起叶片在摆振和挥舞方向发生弯曲、扭转及弯扭组合振动的噪音。

### 2.2 空气动力噪声

叶片空气动力噪声是由于气体非稳定流动，即气流的扰动，气体与气体及气体与物体相互作用而产生的噪声，按产生机理可分为旋转噪声（气压脉动）和涡流噪声（紊流噪声）。

(1) 旋转噪声是叶片旋转时不断击打空气，引起周围气体的压力脉动造成气流很大的不均匀性，从而向周围辐射噪声。

(2) 涡流噪声又称为紊流噪声。它主要是气

流流经叶片界面产生分裂时，形成附面层及漩涡分裂脱离而引起的一种非稳定流动噪声。

## 3. 叶片降噪技术

工程噪声的控制一般从三个角度考虑：一是从减少噪声声源着手；二是从噪声的传播途径着手，进行隔声处理和吸声处理降低噪声；三是从噪声接收者着手，对其进行保护。

叶片振动噪声和空气动力噪声的产生与风轮叶片相关，随着风电行业的发展和大型兆瓦级叶片的应用，这部分噪音变成一个日益重要的 CTQ（关键质量特性），制约着叶片设计的效率和产量<sup>[4,5]</sup>。因此，从叶片方面想办法降噪有很大的研究和应用前景，主要从叶片的外形、翼型、结构及材料等方面进行研究和设计可行的措施来降低噪声。

### 3.1 改变叶片表面涡流降噪

在叶片表面和边缘设置凹凸、条纹、鳞片等非平滑的形态，这些结构通常被称为“涡流发生器”（vortex generator），如图 1 所示。研究表明，叶片表面和边缘的非光滑形态仿生设计，减少翼型表面紊流附面层压力脉动及叶片前缘对空气的冲

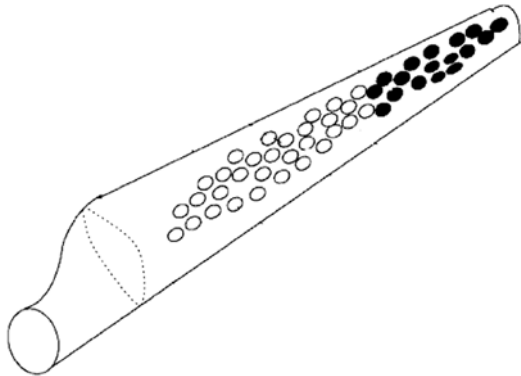


图 1: 叶片表面凹凸设计

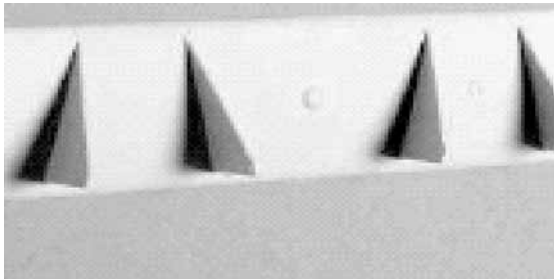


图 2: 三角形涡流发生器

击噪声。同时原叶片表面产生的大涡流转变为无数微小湍流并使附面层涡流群趋向有序化, 延缓翼型后部涡流分离脱落。这将导致叶片产生更大的升力, 以及微小湍流产生的噪声能够快速衰减, 有效降低气流流经前后翼型表面时翼型间的扰流作用, 减小小涡流脉动噪声和尾缘涡流脱离噪声<sup>[6,7]</sup>。

图 1 显示的是叶片表面粘贴的凹凸不平的结构, 这种结构可粘贴在叶片的吸力面和压力面。图 2 显示的是三角形的涡流发生器, 该涡流发生器的大小、形状和安装角度在不同的区域可以不一致。这种涡流发生器一般设置在叶片的压力面及叶片根部和后缘。

### 3.2 改变叶片后缘涡流降噪

翼型湍流边界层与尾缘相互作用产生的尾缘噪声是翼型自噪声的最主要分量, 多年来研究者们已经在理论、数值和实验方面开展了多方面研究, 但有关翼型尾缘噪声的产生机理和抑制方法仍有待深化与发展<sup>[8-10]</sup>。尾缘齿形结构的气流噪声

控制机理研究表明, 叶片尾缘锯齿结构可以改变各截面尾迹涡的脱落位置, 从而增大了涡心之间的距离, 抑制了脱落涡对尾迹流动的扰动, 进而减小了叶片表面的非定常压力脉动和尾迹涡引起的气动噪声。如图 3~5, 对叶片后缘全部或靠近叶尖部分进行锯齿形设计, 采用切割叶片后缘或对后缘附加锯齿是一种可行的降噪方案, 尤其对低频段的远场气动噪声有比较明显的降低效果; 另外附加锯齿对翼型壁面动态载荷的影响较小, 基本不影响翼型的气动性能。

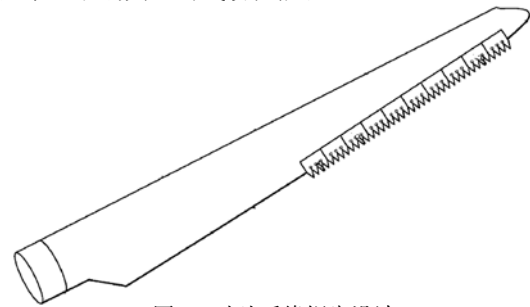


图 3: 叶片后缘锯齿设计

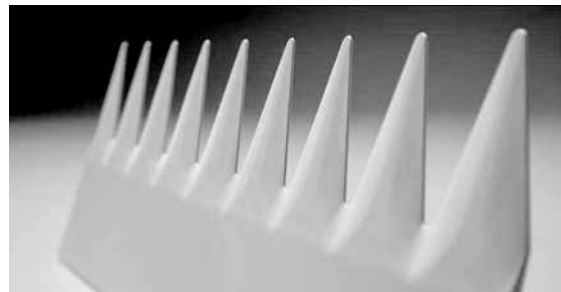


图 4: 西门子 Dino-Tails® 锯齿状后缘



图 5: 锯齿形后缘安装在叶片上的情形

### 3.3 改变叶尖涡流降噪

叶片旋转运动时，由于叶尖压力面和吸力面的压力差，导致压力面气流绕过叶尖端面流入吸力面，既破坏了叶尖二维流动情况，同时会产生叶尖涡。这种情况广泛存在于风力机叶片和飞机机翼工作中，通过对叶尖涡强度和控制在方法的研究表明，叶尖涡是风力机空气动力噪声的主要来源之一，如图 6~8，在叶片尖部安装“小翼”（winglets）和襟翼（flaps 或 gurney flaps）是比较可行的降噪方法<sup>[11-15]</sup>。叶尖“小翼”能够抑制扰流和旋涡的产生，襟翼通过优化形状和安装角度

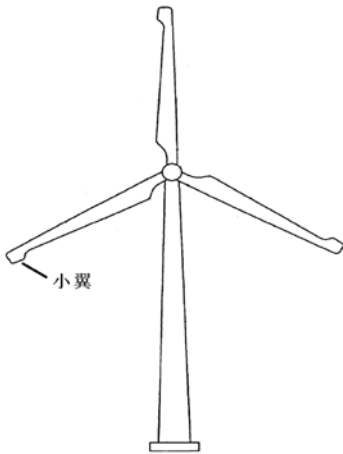


图 6：安装在叶尖的小翼

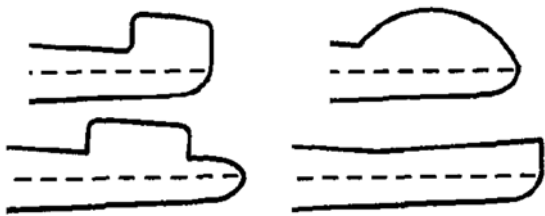


图 7：小翼的四种样式

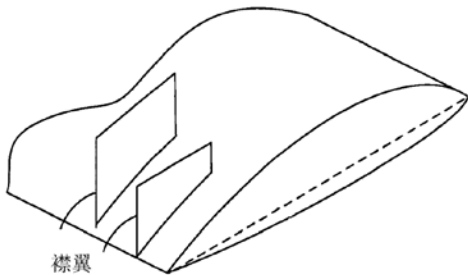


图 8：安装在叶片上的襟翼

可以来捕捉和引导涡旋气流，削弱其漩涡强度，提高叶片气动性能，降低运行噪声。

### 3.4 阻尼减震降噪

阻尼减振降噪技术是利用阻尼材料的特性以及阻尼结构的合理设计，耗散结构件的振动能量，来达到减振降噪的目的。阻尼减振技术近年来在新材料的研制以及应用技术方面得到了迅速的发展，尤其在航空航天、汽车家电、仪器仪表、建筑业等领域有着广泛的应用<sup>[6]</sup>。现在的叶片大多采用空腹薄壁结构，可以在振动比较厉害的叶片中后端到叶尖部分的壳体内部进行部分和全部的自由阻尼处理，比如填充贴附阻尼材料，通过振动波与阻尼材料或阻尼结构的相互作用消耗能量，使叶片振动衰减，降低噪声。

### 3.5 改变叶片外形弦长设计降噪

在一款叶片设计中，在不影响其他性能的前提下，可适当降低叶根段的弦长。另一方面，风轮产生的噪音往往随叶尖弦的增加而提高，为降低噪音，也可适度降低叶尖弦长。为了保证风轮的功率不下降，适度加大叶片从中部到中后部区域，主要是 0.5 到 0.8 的叶片长度的弦长。

### 3.6 采用先进翼型叶片降噪

现代风力机叶片采用的大多是由美国宇航局的 NACA 系列翼型族。针对风力机展向各处对翼型设计不同要求，基于翼型气动性能及噪声预测理论，以多攻角范围内翼型最大风能利用系数为设计目标，各国相继开发风力机专用翼型。比如，荷兰的 Du 系列翼型，丹麦的 RisΦ-A1、RisΦ-P、RisΦ-B1 翼型，瑞典航空研究院 FFA-W1、W2、W3 系列及美国新能源实验室 NREL S 系列翼型等<sup>[16-19]</sup>。这些专用翼型的应用都会大大的改善风力机的效率和降低噪声。

### 3.7 限制叶尖线速度降噪

一般来说，叶片气动噪声与叶尖线速度的 5

次方成正比。在叶片设计时,需权衡叶片长度与额定转速的关系。对于成熟型号的叶片,必要时也可以通过降低额定转速来达到降噪的目的。不过一般会损失一定的发电量。目前已有部分主机厂能提供降低转速来降低噪声的运行模式供客户选择。

#### 4. 结语

叶片降噪设计对降低风力机噪声污染、提高风力机气动性能、延长使用寿命有重要意义。处理叶片结构振动噪声和空气动力噪声,可通过对风力机的频率和转速进行合理调节,改用先进的翼型和外形优化设计,在叶片上使用附加组件,如安装叶尖小翼、扰流器或后缘锯齿等改善气动效果,减低噪声的产生。另外,阻尼减振降噪控制和噪声传播中的隔声降噪控制可作为风电机组噪声治理的重要辅助手段,增强降噪效果。

#### 参考文献:

[1] 李军向, 薛忠民, 王继辉, 冯宾春. 大型风轮叶片设计技术的现状与发展趋势 [J]. 玻璃钢/复合材料, 2008(01): 48-52

[2] HANSEN M O L. 风力机空气动力学 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2009.

[3] 司海青, 王同光. 风力机噪声的预测方法研究 [J]. 空气动力学学报, 2011, 29(06): 147-150.

[4] 伍先俊, 李志明. 风力机叶片噪声机理及降噪 [J]. 风力机技术, 2001, (04): 11-13

[5] 吴江海, 王同光, 赵新华. 风力机叶片优化设计目标 [J]. 南京航空航天大学学报, 2011, 48(05): 661-666

[6] 刘庆萍. 轴流风力机叶片仿生降噪研究 [D]. 吉林: 吉林大学硕士论文, 2006

[7] 孙少明, 徐成宇, 任露泉, 张永智. 轴流风力机仿生叶片降噪试验研究及机理分析 [J]. 吉林大学学报(工学版), 2009, (02): 382-387

[8] 刘小民, 汤虎, 王星, 席光, 高德康. 苍鹰翼尾缘结构的单元仿生叶片降噪机理研究 [J]. 西安交通大学学报, 2012, (01): 35-41

[9] 许影博, 李晓东, 锯齿型翼型尾缘噪声控制实验研究 [J]. 空气动力学学报, 2012, (01): 120-124

[10] 郭鹏亮, 明晓. 锯齿后缘叶片气动噪声特性分析 [J]. 江苏航空, 2012, (S1): 31-34

[11] Johansen J, Gaunaa M, Sorensen N N. Increased aerodynamic efficiency on wind turbine rotor using winglets [C]//26th AIAA Applied Aerodynamics Conference. Hawaii, USA: AIAA, 2008: 12-21.

[12] 顾蕴松, 程克明, 郑新军. 翼尖涡流场特性及其控制 [J]. 空气动力学学报, 2008, 26(4): 446-451.

[13] 东雪青. 风力机叶尖加小翼流场的试验研究 [J]. 工程热物理学报, 2009, 30(10): 1162-1164.

[14] 马兴宇, 明晓. 风力机叶尖涡特性及其控制 [J]. 南京航空航天大学学报, 2011, (05): 635-639

[15] 宋娟娟, 徐宇, 陈洪胜, 徐建中. 叶片扰流器对风力机性能影响的数值研究 [J]. 工程热物理学报, 2012, 33(03): 405-407

[16] 陈培, 杜绵银, 刘杰平. 风力机专用翼型发展现状及其关键气动问题分析 [J]. 电网与清洁能源, 2009, 25(02): 36-40

[17] 白井艳, 杨科, 李宏利, 徐建中. 水平轴风力机专用翼型族设计 [J]. 工程热物理学报, 2010, 31(04): 589-592


[18] 刘雄, 罗文博, 陈严, 叶枝全, 周鹏展. 风力机翼型气动噪声优化设计研究 [J]. 机械工程学报, 2011, 47(14): 134-139

[19] 程江涛, 陈进, 王旭东. 基于噪声的风力机翼型优化设计研究 [J]. 太阳能学报, 2012, 33(04): 134-139

[20] 部分插图引自美国专利。

# 风能、太阳能到底有多“能”

我国是名副其实的风电、光电大国。截至 2013 年底，中国风力发电装机容量位居世界第一，太阳能光伏发电装机容量位居世界第二。

气象条件所决定的风能和太阳能状况直接影响着风力发电和光伏发电每年的发电量，一起来看看 2014 年全国风能和太阳能的总体状况。

来源：中国气象网 / 太阳能光伏网



## 2014年，风力有点弱弱的

10米高度年平均风速（气象站观测风速）



2004-2014年全国地面10米高度年平均风速距平百分率

2014年，我国地面10米高度年平均风速较近10年（2004-2013年）均值偏小3.8%，是2004年以来的年平均风速最小值。

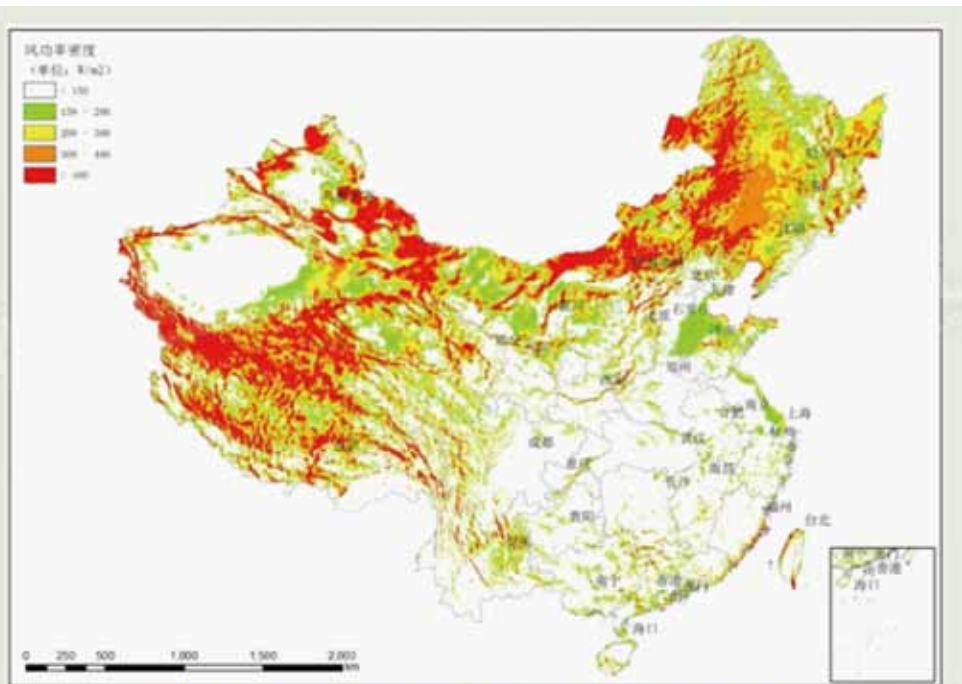
70米高度风能资源（风机高度在70米以上方能利用风能）

一般年平均风速在5.0 m/s（米/秒）以上、年平均风功率密度在150 W/m<sup>2</sup>（瓦/米<sup>2</sup>）才具备开发风能潜力。

## 西部、北部是“上风”宝地

2014年，我国年平均风速大于7.0m/s（米/秒）的区域分布在内蒙古、西藏、青海、新疆、甘肃西部、宁夏、黑龙江、华北北部、云南的山脊等地。

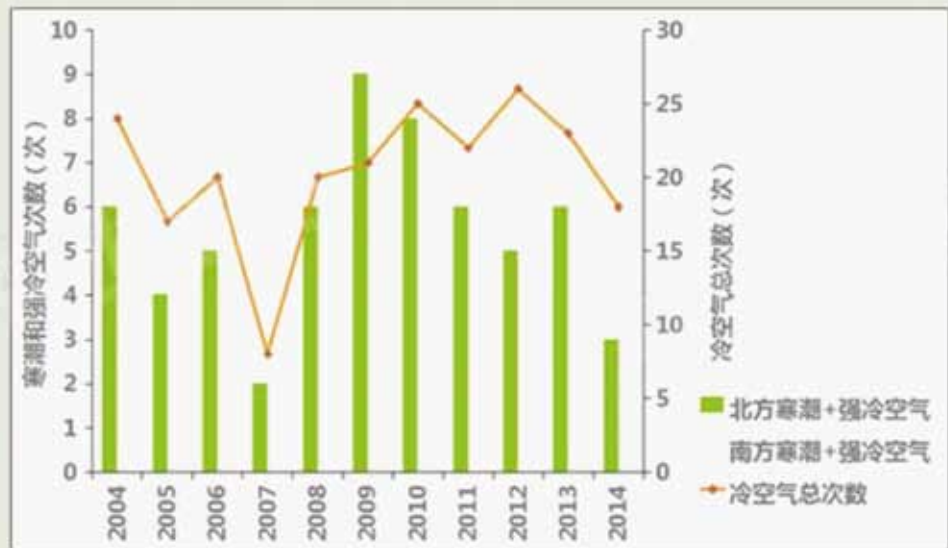




2014年全国陆面70米高度年平均风功率密度分布

2014年，我国的东北、华北、西北、东部沿海地区以及青藏高原和云贵高原山脊地区为风功率密度大值区域。

### 2014风力弱，原来是冷空气不给力



2004-2014年影响我国的冷空气次数

2014年，冷空气发生频次偏少、强度偏弱是全国平均风速偏小的主要原因。

## 太阳能资源

太阳从来就是人类生命的依托



制盐      晒鱼干



发电      制热

古代，太阳能这样用      现代，太阳能这样用

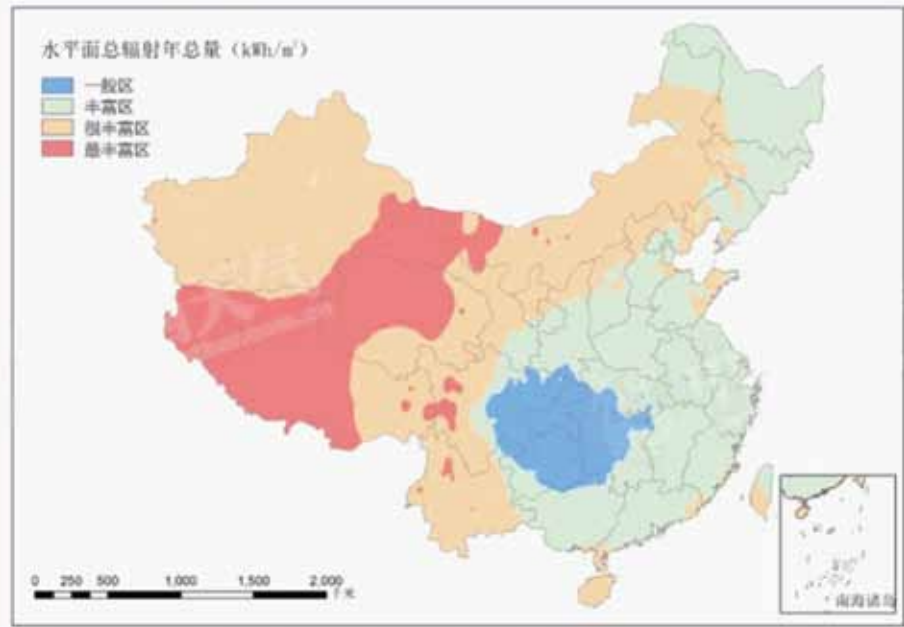
## 2014，太阳光照有点吝啬

2014年，我国陆地表面平均的水平面总辐射年辐照量为  $1492.6 \text{ kWh/m}^2$  (千瓦时/米<sup>2</sup>)，较近10年(2004-2013年)平均值偏少  $8.1 \text{ kWh/m}^2$  (千瓦时/米<sup>2</sup>)，为近10年来次小值年。



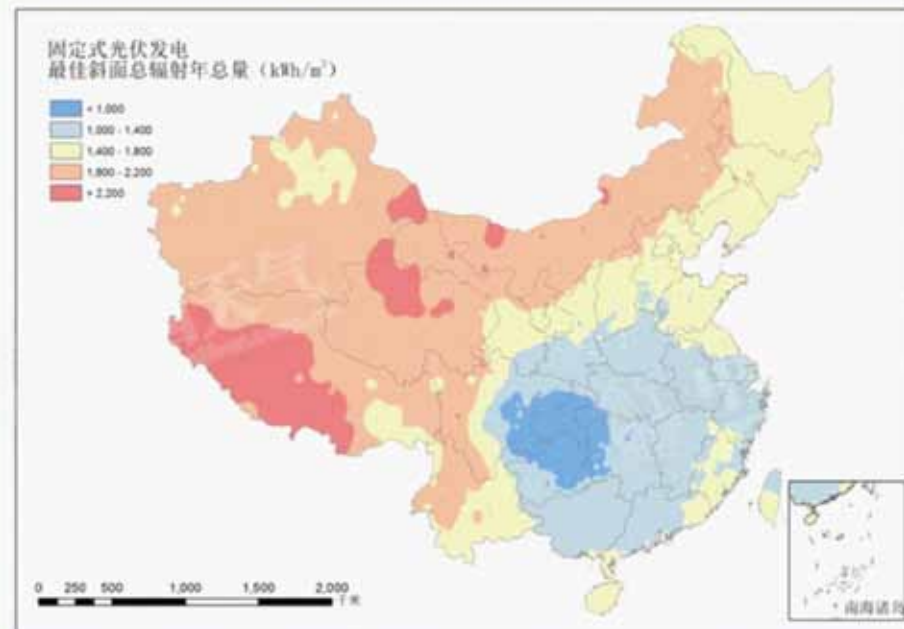
2004-2014年全国地表太阳年总辐射量

## 阳光最眷顾的地区——西藏 青海 甘肃

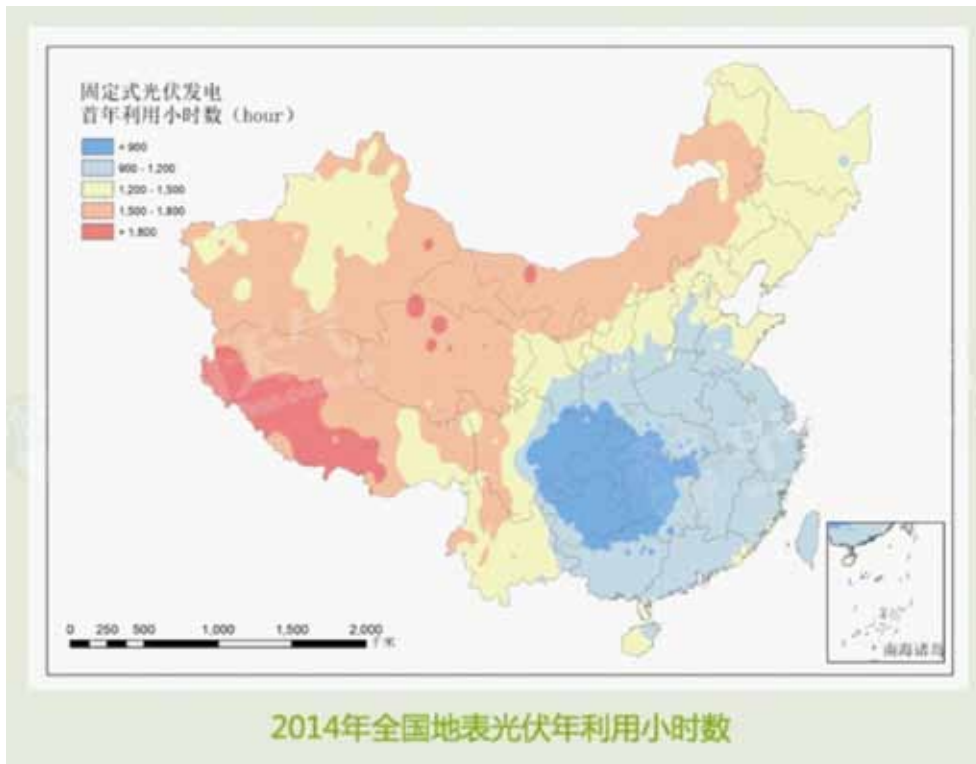


2014年全国陆地表面水平面总辐射量

## 阳光最慷慨的地区——中东部

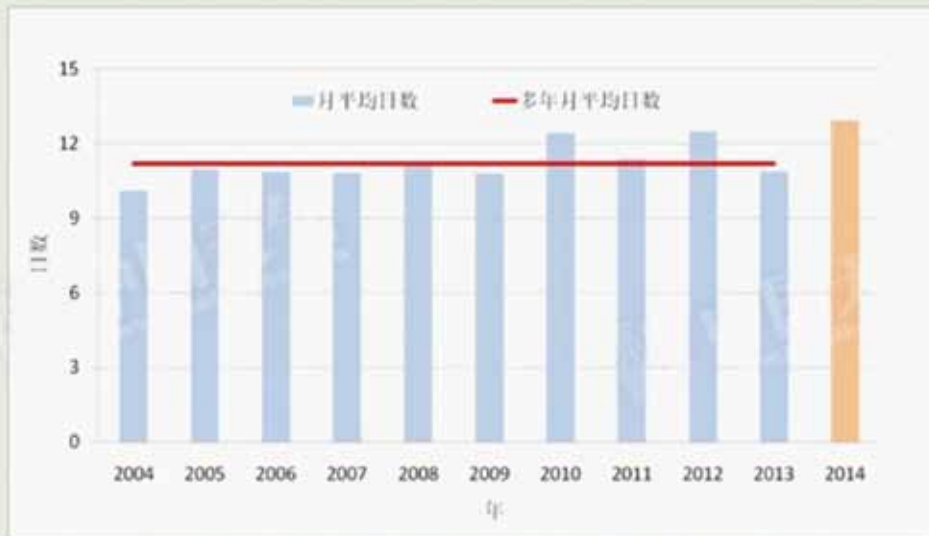


2014年全国地表斜面年总辐射量



### 2014，羞答答的太阳常躲在云彩后

2014年到达地表的太阳总辐射量减少，重要原因之一是全国大部云量增多，总云量大于8成的月平均日数增多，是近10年来的最大值。



来源：中国气象网 / 太阳能光伏网

# 风光互补集中供电系统在尼泊尔无电村落中的应用

文 / 上海致远绿色能源股份有限公司 赵晓杰 邱德杰

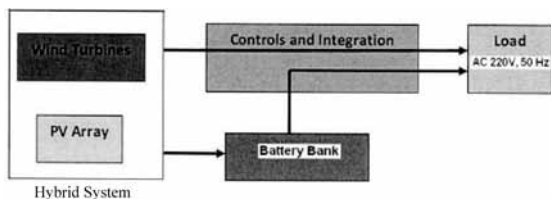
## 1. 项目背景

尼泊尔几乎没有火电、风电和核电等，水电占了供电的绝大部分。这就出现了降雨较多的夏天，供电相对充足（仍有停电），而到了很少下雨的冬天，大面积、长时间停电就不可避免。尼泊尔虽然有过半国民没有用上电，但有电地区的人们仍然需要过着限电生活。

为了解决人们无电生活的困境，在西部蓝毗尼地区，尼泊尔政府倡导并组织建立了无电村落风光互补集中供电系统试验基地。此村落共 50 户 300 多口人。日均供电需求约为 20kWh。电压等级为 AC220V/50HZ。供电系统采用上海致远绿色能源股份有限公司风光互补供电系统。

## 2. 系统设计

### 2.1 系统原理图



风能控制器将风力发电机组输出的不稳定交流电转换成直流电，光伏控制器将光伏组件输出的直流电转换成稳定的直流电。蓄电池组起到稳压及储能的作用，离网逆变器将直流电转换成稳定的交流电给村落负载使用。

其具体的工作模式如下：

当风光资源充足的时候，风力发电机组和光伏组件输出比较充裕的电能，不但满足村落负载用电需求，而且可对蓄电池组进行充电，当蓄电池组处于充满状态时，供电系统将多余电能通过卸荷器消耗掉，确保供电系统的可靠性。

当风光资源不足的时候，风力发电机组和光伏组件输出比较匮乏的电能，不能满足村落负载用电需求，这时蓄电池组补充供电或者满载供电。当蓄电池组将处于欠压状态时，供电系统将自动切断电能输出，防止蓄电池组深度放电而缩短蓄电池组的使用寿命。

### 2.2 系统特点

(1) 充分利用风光资源互补特性，满足村落用电需求

由于试验基地处于山脊上，昼夜温差较大，白天光照资源较好，风能资源较差，晚上风能资源较好，无光照，风光资源互补性特别明显。



(2) 集中供电方式，便于系统管理及维修

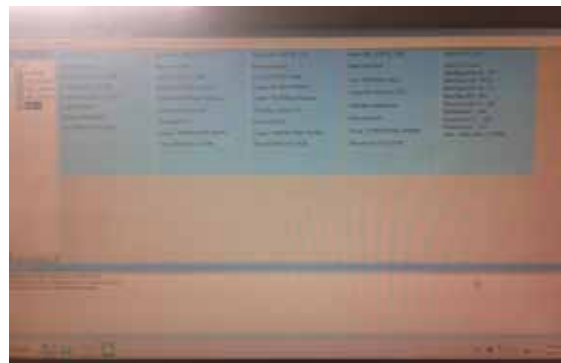
村落位于山下，不适合在村落里安装风光互补供电系统，所以将供电系统安装在风光资源较好的山脊上，采用集中供电方式，降低了供电系统投资成本。通过专业知识的培训，村委安排的维保人员完全可以完成日常的系统管理及检修工作，降低了供电系统运营成本。



(3) 配有专业监控系统，可实时查询及管理供电系统的运行状态

a) 此套风光互补供电系统配有实时监控系統，可实时显示如下数据：

- 风电机组和光伏组件输入电压、电流；
- 风电机组和光伏组件日发电量和总发电量；
- 风能控制器和光伏控制器输出电压、电流；
- 风电机组转速；
- 蓄电池组充放电状态；
- 负载日用电量和总用电量；
- 风速及风向。



b) 此套监控系统还具有历史查询功能，可统计风能分布情况、风力发电机组和光伏组件日发电量的时间分布特性、载荷日用电量的时间分布特性等信息，为以后的无电村落风光互补供电系统的推广提供了宝贵的实践经验。

(4) AC380V 电压等级适合于小村落的电网布设，降低线缆传输损耗

由于供电系统到村落最远住户大约有1公里，采用电压等级 AC380V 的三相电缆进行远距离输送，降低了线缆传输损耗。同时，每相用户均匀分布，有利于片区式管理方式。



### 2.3 系统配置

序号	名称	型号规格	数量	备注
1	5kW 风力发电机	FD5-5/10	2 套	
2	风电机组塔架及地基	5KWLG9M	2 套	
3	光伏组件	17V/120Wp	18 片	
4	组件支架及地基	配套	1 套	
5	风能控制器	GMC220-W06/05	2 套	
6	光伏控制器	GMC220-S06/05	1 套	
7	铅酸蓄电池	12V 200Ah	36 块	
8	蓄电池支架	配套	1 套	
9	离网逆变器	10kVA, DC220V/AC380V	1 套	
10	风能资源测量系统		1 套	
11	配电监控系统		1 套	

### 3. 系统总结

经过两年的试点运行，通过监控平台的数据统计，村落的日用电量平均为 15kWh，日用电量最大为 20kWh，而风光互补日发电量平均为 35kWh。风光互补日发电量满足村落日电量的需求。

此试验基地的风光互补集中供电系统是成功的，为以后在尼泊尔无电村落风光互补集中供电系统的推广奠定了基础。

# 发展小型风电 造福湖区渔民

文 / 湖北省洪湖市生态能源办公室 朱国华

## 1. 自然概况

### 1.1 洪湖市

洪湖市地处江汉平原东南部，四湖水系末端，南倚浩浩长江，西接八百里洞庭，东靠华中重镇武汉，素有“鱼米之乡”之称。洪湖市因境内有大型淡水湖泊—洪湖而冠名。洪湖市国土面积 2159 平方公里，其中水域面积 860.3 平方公里，占总面积的 32%。耕地面积 81.09 万亩，养殖水面 60.19 万亩。洪湖市总人口 96.03 万人，总户数 23.49 万户。全市辖 21 个乡（镇）办事处和管理区，471 个村民委员会，2886 个村民小组。

洪湖自然资源优越，特产丰富。境内有大小湖泊 103 个，故有百湖县市之称，其中最大的湖泊——洪湖面积达 53 万亩，是国内没有被污染的大型湖泊之一。

洪湖地势广阔而平坦，海拔高度在 23 ~ 28m 之间，空气密度大，风能密度高。洪湖属亚热带大陆性季风气候，冬夏长、春秋短，四季分明。全市年平均日照时间为 1980 ~ 2032h，年平均太阳辐射总量 108.8Kcal/m<sup>2</sup>。

### 1.2 洪湖湖区

洪湖湖区面积达 53 万亩，有渔民 3000 多户，2 万多人，渔民以水产养殖和水上捕捞为主导产业，以渔船为栖息场所。“日出而作，日落而息”，渔民用不上电，晚上只能“湖风渔火对愁眠”，

文化生活十分贫乏。

2005、2006 年，我们对洪湖市湖区的风力资源进行了设点测试。

从上表中给出的风速列表中可以看出：1、3 月平均风速在 4m/s 以上；2 月风速要小一些，月平均风速在 4m/s 以下；全年的平均风速是 4.1825m/s。最大风速为 20.5m/s，主导风向为东南风和南风，风能密度为 250~300W/m<sup>2</sup>，3—25m/s 有效风能利用小时数超过 6000 小时 / 年。

洪湖湖区风力资源丰富，风资源的开发利用前景广阔。为小型风力机在洪湖湖区的应用提供了足够的自然条件。

## 2. 洪湖小风电发展

### 2.1 发展初期

在上世纪九十年代，我们从河南购进了 10 多台 50W 的小型风力发电机，在湖岸边试点推广，把风机发出的直流电储存在蓄电池里，晚上用直流灯泡直接照明，解决了养鱼和值班人员的照明难题。

湖区的渔民从岸边的风力发电中看到了希望，主动与我们联系，要求我们把风力发电机安装到船上去。但风力发电机在陆地上做地基比较方便，在船上怎么固定呢？我们从认真研究渔民的船体结构，发现渔船的顶蓬上都有几根木梁，借助木梁做支点，再与船舱固定，应该可行。通过多次试验，1992 年，湖区渔船上第一台小风机安装成功，



渔民也能用电照明了。虽然功率很小，灯光昏暗，但比点灯、点蜡还是强了很多。

通过近十年的推广，到上世纪末，洪湖湖区共推广安装小型风力发电机 1100 多台，解决了部分渔民的照明问题。

## 2.2 项目建设

### (1) 小型公益项目

2001 年，我们利用财政部农村小型公益项目，在湖区推广了 500 多台 100W 小型风力发电机。期间，新捕捞村徐宝勇等几户渔民尝试将直流电通过逆变器交换为交流电源，扩展了用电途径。渔民可以收看电视、播放影碟和录像了，丰富了文化生活内容。同时，解决了渔民手机充电的难题，增加了对外交流。

### (2) 中荷合作项目

项目建设分为基础型项目、示范型项目、公益型项目三种类型。其中，安排基础项目 280 户，示范项目 32 户和公益项目。

#### a 基础项目

每户安装一台 300W 功率的风力发电机组，配备 2 块 180Ah 的蓄电池和 1 台 300W 控制 / 逆变器，组成独立型户用风力发电系统。解决渔民照明、看彩电、VCD、座机（高频）充电和手机充电等生活用电。

#### b 示范项目

每户安装一台 300W 功率的风力发电机组和 100Wp 太阳能光伏电池组件，配备 2 块 180Ah 蓄电池和 1 台 500W 控制 / 逆变器，组成独立型户用风光互补发电系统。解决渔民看彩电、VCD、照明和使用电冰柜、风扇、洗衣机以及手机、座机（高频）充电等生活用电。

#### c 公益项目

八一水上希望小学集中供电型风光互补发电系统

该系统配备 2kW 风力发电机组 1 台（从荷兰进口）、1000Wp 太阳能光伏电池组件、300Ah × 18 块蓄电池和 5kW 控制 / 逆变器组 1 台。该系统可使用彩电、VCD、冰箱、医用冰柜、洗衣机、饮水机、小型水泵、太阳能热水器供水系统、电饭锅等；可进行远程教育；实现供电无人值守自动化管理。

## 3. 小风电改变了渔民的生活

在湖区推广离网型小型风力发电，解决了渔民用电照明的难题，同时还看上了彩电、VCD，并用上了电冰柜、风扇、洗衣机以及手机、座机（高频）充电等高档电器。尤其是风光互补发电系统的应用，与单独使用风力发电机的系统相比较，

不但增加了发电量，而且大大提高了供电稳定性，即使无有效风速，但有光照时，系统仍能保持一定供电能力，并且对蓄电池起到保护作用，延长其使用寿命，使湖区渔民的生活水平又提高了一步。渔民对风光互补发电系统技术和模式感到非常满意，总的评价是比纯风力发电系统性能更好，发电量更大，能够满足全天的用电需求。

通过项目建设，现在湖区渔民不仅都配置了彩电和 VCD，有的使用上了洗衣机和电冰箱，渔民白天、晚上都可以看电视，晚上照明充足、业余文化生活比以前丰富多彩，过上了更加文明的现代化生活。

更重要的是渔民使用了风力发电后，通信畅通了，增加了与外界沟通与交流，获取了更多的信息资源，使渔民养殖经济收入有了较高的增长。船头嘴村刘竣青通过与朋友电信联系后，获知上海、广州的螃蟹价格比本地每斤要高出 20 多元后，组成了螃蟹销售专业合作社，把湖区养殖户联合起来，扩大外销，经济效益得到大幅提升。

## 4. 湖区小风电发展趋势

### 4.1 国家电网逐步覆盖湖区

随着环境、生态建设的发展，洪湖已被列入国家级湿地保护区。2008 年，洪湖市政府投入数亿元对整个湖区进行了拆围和湿地修复保护，对湖区水域进行了重新规划，划分了养殖区和保护区，渔民的水产养殖只能在养殖区中进行。同时，加强了湖区的基础设施建设的投入，在靠近岸边的养殖区域，利用水底线缆把国家电网逐步覆盖湖区。目前，已有 2 个湖区村通了电，在电力上满足了渔民的需求，但在使用上还是没有陆地上的方便。

### 4.2 风光互补发电系统仍受渔民青睐

通过中荷合作示范项目的影 响，渔民对风光互补发电系统热情较高。一是用电需求量增大，单靠风机的发电量已不能满足需求；二是湖区风

力不稳定，风光互补发电系统可提高供电稳定性，无风有光照时，系统仍能保持一定供电能力。近年来，根据渔民的事求，我们每年为渔民改造升级风光互补系统 100 多台套，小风电在湖区渔民中仍有一定的市场。

### 4.3 渔民关注小风电的性价比

我们通过调查了解，渔民购小风机时，除了价格的因素外，更加注重了产品的性能，价廉物美的产品仍是首选。

## 5. 思考与建议

### 5.1 后续服务难度大

湖区水域面积大，交通不方便，后续服务难度大。去年，中央电视台评选“最美乡村医生”，我们湖区的谢俊娥医生获得了此殊荣。如果我们农村能源系统评选最佳服务员的话，我们的服务人员卢元智也一定会入选。为了保障湖区风机正常运行，我们从农村能源“以钱养事”资金中安排了专项经费，安排专人进行后续服务，帮助渔民排除风机故障和定期维护。

### 5.2 零配件供应

有的风机运行一段时间后，轴承、风叶等运动部件容易损坏，需要及时更换，否则就不能正常运行了。由于风机的零部供应商家稀少，市场上难以买到，成了我们后续服务的一大难题，希望生产厂家能为我们提供一定的零部件。

### 5.3 建议

小型风力发电是解决老、少、边、穷地区用电难问题的有效途径，也是对国家电力供应不足的补充。发达国家可再生能源已占能源消耗总量的 20% 以上，并实行了补贴政策。因此，我们建议可再生能源发展要在项目建设上给予倾斜、政策上给予更多的扶持，加速推动可再生能源建设的可持续发展。



图 1：全球第六届小型风能高峰论坛会场

## 全球第六届小型风能高峰论坛 在德国胡苏姆举办

---

文 / 沈德昌

---

在德国胡苏姆新能源展会的支持下，世界风能协会于 2015 年 3 月 19 日至 20 日，在德国胡苏姆召开了第六届世界小型风能高峰论坛，论坛于 19 日中午 12 点开幕，世界风能协会秘书长史太芬（Stafen Gesange）先生主持了开幕式，向与会代表介绍了出席会议的嘉宾，世界可再生能源署弗兰西斯科先生、首届世界风能协会主席马嘎德先生、中国风能设备协会副秘书长沈德昌先生、韩国风能协会副主席孙忠烈先生等出席了开幕式，两天来有 23 位专家在会上进行演讲，约 45 人参加了会议。



图 2：世界风能协会秘书长史太芬主持峰会

接下来，世界风能协会秘书长史太芬主持了峰会的进程。在两天来的论坛发言中，世界风能协会 Jean 先生就“2013 全球小型风力机发展报告”对市场与技术的配套框架进行了阐述。小型风力机被应用在不同的市场环境中：如都市的并网应用，农村的并网应用，离网供电、电讯系统等，每一种市场都是基于某些政治或自然的激励而形成的，并对风力机有着各自的要求。在讲演中，

他披露了当前全球小风电机组市场规模下降情况和对风力机的技术要求，介绍了意大利等新兴市场取得小风电应用的成功经验。

接着，中国风能设备协会副秘书长沈德昌研究员介绍了“小型风力机在中国的发展”情况。在讲演中，他阐述了中国小型风电机组制造业发展情况和中国小型风电机组的市场变化情况，小型风电机组在促进中国边远农村建设中发挥的作用和当前中国小型风电机组的主要应用方式。



图 3：中国风能设备协会沈德昌研究员在峰会上回答提问

印度风能专家介绍了风光互补系统工程在亚洲和非洲的市场分布；加拿大风能专家介绍了小型风电新兴市场的情况；世界风能协会首任主席马嘎德（Maegaard）先生介绍了丹麦弗格森小型风能测试场的成就和经验；世界可再生能源署的弗兰西斯科先生介绍了世界可再生能源署将在小型风能方面采取的行动；荷兰风能专家 Frits Ogg 先生探讨了适合智能型电网的中型智能型风电机组的市场和出路；以色列风能专家 Eli Rozinsky 介绍了通过采用轻型发电机减轻风电机组重量从而降低风电机组成本的设想；爱沙尼亚风能协会 Mihkel Loorits 先生介绍了 Islet Kesse 岛如何利用风能解决当地供电问题的经验；英国风能专家 David Cregg 先生介绍了采用风能为海岛微网或小型电网供电的实例。其它专家也就小型风电机组的应用实例进行了介绍或探讨。

在两天的会议中，会议组织了讲演嘉宾与听众的对话，与会代表积极参与，就各国专家关心的小型风力机面临的市场挑战、当前标准对小型风电产业的促进作用、小型风电机组在海岛微网中应用等焦点问题进行了热烈的讨论。

在同时举办的世界第六届胡苏姆新能源展览会上，共有 200 多家厂商展出了太阳能、风能、生物质能、柴油机节能和新能源汽车新产品。这也是世界风能协会参与主办的世界小型风力发电机组及其配套产品的重要展会，其中有来自欧洲、亚洲国家的 20 来家小型风电机组生产企业参展，其中水平轴风力机产品略多于垂直轴风力机产品。这次展会是全球新能源设备（包括：太阳能发电设备、小型风力发电设备、生物质能源设备和新能源汽车）产品技术的大展示。我国深圳有 1 家小型风力发电设备企业参加了展出。

在世界风能协会等各有关国际组织的大力支持下，这次峰会取得了成功，尽管从参会人数还是讲演嘉宾的人数都低于往届。但是它为加强全球范围内小型风能供电系统以及小型风能与其他能源的混合供电系统的技术交流提供了良好的平台，为促进世界小型风能产业的发展发挥了推动作用。



图 4：在这次展会上新型垂直轴风力机产品参加了展出



图 5：各种不同形式的水平轴风电机组出现在展会上



图 6：德国 Easy wind 公司的展台颇受青睐

# 深圳泰玛荣获国防通信网 设备器材进网许可证

——中国人民解放军总参谋部颁发

回顾 2014 年，公司荣获的各类荣誉不少，特别值得一提的是获得中国人民解放军总参谋部颁发的《国防通信网设备器材进网许可证》，该证书的取得，标志着公司产品不但在民用方面广泛使用，同时技术要求达到了军工级别。

泰玛风光能源科技有限公司参加了证书认证，经多方专家的考察评估，及测试，通过了军方的认可，特此颁发证书。该证书的取得，标志着我公司产品可广泛应用于部队所在的海岛，边防哨所，及其他边远地区，开拓了市场，提高产品在市场认知力。本次认证，对于深圳泰玛科技布局意义非常，必将使泰玛风机产品提高市场占有率。



# 用风能再造青山绿水

【本刊驻新雨通讯员报道】 风能在地球上的平均分布密度决定了用风能提水进行大面积生态治理及农业灌溉的可行性，风能进军提水灌溉领域，为风能应用的又一主战场，可以想象我们生活的地球如果到处都是风力提水机，将给人类增添多少绿色。实现水倒流，处处山青绿水，沙漠变绿洲。

人类对风能的应用最早就是风力提水灌溉农田，风能很早就为人类创造绿色，获得粮食做出过贡献。随着机械制造业的发展，用风能再造青山绿水是人类实现可持续生存与发展的客观所需，因为风能是分布最广最廉价最清洁的能源，而且与作物不争阳光，不争地，占据空间不占据地面，一台 10 千瓦的风力提水机占地几平方米就可实现 100 亩稻田灌溉所需。在治理沙漠化方面，一台风力机就可实现一片绿洲，而人们不可能把电拉到每个角落，风机可实现无人值守，而柴油机却不能。

现在大面积在地里架线安装电灌，建井房，建设费用极其高昂，设想把井房、电杆变成一排排风力提水机又是怎样的一幅景色，风车转悠悠，溪水哗哗流的景象一定让你震撼和心动。

新雨风力提水机采用了机械传动，耐候能力强，经久耐用，以及在世界范围内首次采用了高速风轮及变桨控制技术，用在了机械式风力提水机上，使风力提水机性能、成本、适合大批量生产能力方面都革命性的有利于风力提水机大面积推广。（看新雨风力提水机视频，看其表现如何。）

中国属于大陆性季风气候，很多地处于干旱



半干旱地带，生态环境恶劣，经济发展受到很大制约，但是这些地方却都是风能富集区，有些地区地下水资源丰富，也就是人们常说的上旱，如果能用上风力提水，都是解决抗旱问题的最好办法，目前稻田旱改水，如果能用上风力提水，哪怕只是占百分之几，对节能减排及经济效益都是巨大的。中国是个农业大国，坐在火车上看田野浩渺千里，确看不到一台风车浇灌田地，这不能不说是一个遗憾。而加拿大、澳大利亚、美国等国风力提水机很普遍。等如果风力提水用的好，多少滩涂可变淡水养殖场，盐碱地可变优质水稻田，荒漠可变优质牧场。

新雨风力提水机是风力提水灌溉农田的倡导者、实践者，如果你认为风力提水灌溉农田好，那么我们就一起携手共同推动风力提水灌溉事业的发展。🌱



图为南极中山站站区“天鹅岭”上的风力发电机组（3月1日摄）。

## 清洁能源技术让南极科考更“清洁”

2015年3月15日科技日报讯：在南极中山站附近，一排随风转动的白色“大风车”格外引人注目。作为南极中山站可再生能源项目的一部分，这一组风力发电机在经过两年试运行后，于本次南极科考期间正式连续发电。

经过几年的努力，中山站清洁能源的应用已初具规模。在风能方面，中山站风力发电机组由7个额定功率为3千瓦的风力发机构成，大风天中一天约能发电180度。在太阳能方面，中山站已建成80平方米的太阳能电池板，平均一天能发电80度。目前，中山站清洁能源发电量约占其总发电量的十分之一，一年可节省20吨柴油。🌱

# 风电连线“互联网+”迎来变革

在今年的两会上，全国人大代表、腾讯董事会主席兼 CEO 马化腾今年向人大提出的四个建议其中，“互联网+”战略引起热议。李克强在政府工作报告中提出，制定“互联网+”行动计划，推动移动互联网、云计算、大数据、物联网等与现代制造业结合，促进电子商务、工业互联网和互联网金融健康发展，引导互联网企业拓展国际市场。据悉，“互联网+”的提法是一个前所未有的高度，而“把一批新兴产业培育成主导产业”出现在总理政府工作报告中也是第一次。“互联网+”战略的提出，使互联网与传统产业的融合上升了一个新的台阶。虽然互联网进军传统行业是会议上被提出来的，但是从近几年门户网站，电子商务，互联网金融以及 APP 的普及来看，“互联网+”遍及各行各业，是一种趋势，风电行业也不例外。那么，风电行业如何让把握行业格局，完成产业的革新？面对互联网化的跃进，风电产业会遇到哪些问题？互联网+风电将会是什么样的全新景象？请跟小编，一起探讨风电“互联网+”的时代旅程。

## 技术变革—“互联网+风电”提升资源的有效利用

日前，国务院办公厅发布了《能源发展战略行动计划(2014-2020年)》。该《计划》要求，着力优化能源结构，坚持发展非化石能源与化石能源高效清洁利用并举，要大幅增加风电、太阳能、地热能等可再生能源和核电消费比重。到2020年，非化石能源将占一次能源消费比重达到15%。然而，在风力发电环节，风力这种能源具有间歇性和波动性的特点，大规模进入电网势必会影响电网安全。另外，风力的大小是无法控制的，风力发电的不稳定导致的部分风电场风机暂停，便保证风力发电机的安全，同时也出现了弃风，造成大量的风资源的浪费。因此，对风电需求进行动态调节考验了风电技术有没有更智能的方式和设备。风电互联网为解决这一难题的重要途径。从风的情况，到设备各个部件运转程度在操作方需要一个接受信号的平台。基于标准接口的开放式系统向操作风电设备的终端控制者发送风力

和设备的信号，从而使控制者，随时能够对于风力和风向的改变，来远程调整风电设备。这样就避免了设备工作和操控者之间信息传递模式相对静态造成的浪费和低效，大幅提升能源的生产和使用的效率。

## 市场变革—蠢蠢欲动的风电运维的互联网思维

目前，我国风电市场新增装机容量从2003年的10万千瓦一跃增长到2013年的1449万千瓦，年均复合增长率超过100%，一直保持高增长的态势。那么，这就引发了风电行业后市场的竞争。因为，大部分风电设备在随着使用时间的增长，会出现零部件老化或者损坏的状况。设备供应商再给风电场业主提供服务就要收取费用。风电后维护业应需而生，成为风电行业不可缺少的一部分。要想在风电运维行业脱颖而出，运维企业更是需要更加科学和完善的系统来实现。风电运维服务将利用大数据、云平台逐步实现互联网化、智能化，利用互联网思维方式帮助企业转型，利用互联网思维思考服务，提高行业竞争力。行业人士分析，到2020年风电服务市场累计总量可高达千亿元。去年，远景能源就已经试水互联网思维。远景能源公司在“2014北京国际风能大会暨展览会”上发布“格林威治云平台”。公司董事长张雷介绍，格林威治云平台不仅仅针对风电场后期运维，而是打通了风电资产项目投资从发起到管理、优化的全周期，可以提供风电场规划、测风方案管理，风资源评估、精细化微观选址、风场设计优化、经济性评价、资产后评估分析等全方位的技术解决方案，帮助客户提升风场实际投资收益20%左右。中关村下一代互联网产业联盟秘书长张建宁表示，经过“十二五”信息技术的基础打造，此次总理政府工作报告对于“互联网+”战略的提出，正是站在这个新的战略高度，来看待信息技术和传统产业的“生态融合”的全新定位。“互联网+”并不是吞并传统产业，而是在促进传统产业的升级和更新换代。互联时代为包括风电在内的新兴产业带来了机遇，同时也带来了挑战。（来源：北极星风力发电网）

# 陆上风电标杆电价调整后 收益变化知多少

近日，国家发改委公布了陆上风电标杆上网电价调整结果，将第 I 类、II 类、III 类资源区标杆上网电价每千瓦时降低 2 分钱，调整后标杆上网电价分别为 0.49 元 /kW、0.52 元 /kW、0.56 元 /kW。第 IV 类资源区风电标杆上网电价维持现行的 0.61 元 /kW。我们来简单分析一下前三类资源区受这一政策影响，收益会有怎样的变化呢？

下面我们以装机容量 50MW、单位千瓦 8000 元 /

kW、成本费用 770 元 /kW、满发小时数 2100h 为基础数据进行测算，调整前后收益指标变化幅度如何？具体请参看下表：

从上表可看出，电价调整后，全部投资税前内部收益率降低在 0.64% ~ 0.69% 之间，资本金内部收益率降低了在 2.14% ~ 2.3% 之间，不同资源区的收益率降低幅度差别不大。

来源：计鹏新能源

资源区 / 电价区	电价	全部投资税前内部收益率	资本金内部收益率
I 类 内蒙古自治区（除赤峰市、通辽市、兴安盟、呼伦贝尔市以外其他地区），新疆维吾尔自治区（乌鲁木齐市、伊犁哈萨克族自治州、昌吉回族自治州、克拉玛依市、石河子市）	0.51 元 /kW	7.86%	8.39%
	0.49 元 /kW	7.17%	6.25%
	差异	-0.69%	-2.14%
II 类 河北省（张家口市、承德市），内蒙古（赤峰市、通辽市、兴安盟、呼伦贝尔市），甘肃省（张掖市、嘉峪关市、酒泉市）	0.54 元 /kW	8.87%	11.75%
	0.52 元 /kW	8.21%	9.5%
	差异	-0.66%	-2.25%
III 类 吉林省（白城市、松原市），黑龙江省（鸡西市、双鸭山市、七台河市、绥化市、伊春市、大兴安岭自治区），甘肃省（除张掖市、嘉峪关市、酒泉市以外其他地区），新疆维吾尔自治区（除乌鲁木齐市、伊犁哈萨克族自治州、昌吉回族自治州、克拉玛依市、石河子市以外其他地区），宁夏回族自治区	0.58 元 /kW	10.17%	16.31%
	0.56 元 /kW	9.53%	14.01%
	差异	-0.64%	-2.30%

# 发展风电等新能源是走出《穹顶之下》的最佳路径

摘要：柴静拍摄的纪录片《穹顶之下》折射出我国能源结构极不合理，大力发展新能源才是对雾霾等环境问题釜底抽薪的措施。

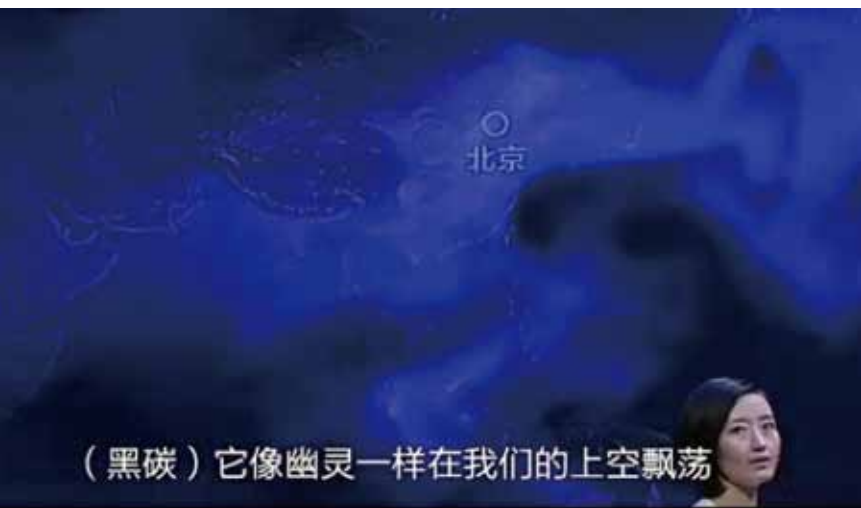
腾讯科学讯（乔辉）央视前主持人柴静拍摄的纪录片《穹顶之下》可谓红遍全国，尽管谈及的主体是雾霾，但其实折射了这样一个事实：推动我国经济高速发展的正是大量化石燃料的燃烧。不妨先从我国发电量以及各种发电形式所占的比重来看一下问题的严重性。

实际上，我国已经赶超美国成为世界发电量最大的国家，总装机容量达到了 13.5 亿千瓦（美国位居第二，为 9.3 亿千瓦），其中，火电 9.15 亿千瓦、水电 3 亿千瓦、风电

0.95 亿千瓦、核电 0.2 亿千瓦、其它能源 0.2 亿千瓦。可见，依靠化石燃料的火电比重达到了 68%，这是一个亟待解决的问题。化石燃料的燃烧会产生大量的粉尘污染、二氧化碳、二氧化硫和各种细小的悬浮物，包括直接生成的 PM2.5，以及由二氧化硫等化学物质次生的 PM2.5 颗粒。

经济的快速发展是建立在这样的能源结构中的，怎么能拥有新鲜的空气和适宜的居住环境？我们回到柴静的视频当中，具体看一看。





(黑碳) 它像幽灵一样在我们的上空飘荡

雾霾是什么？是雾和霾的组合词。雾霾常见于城市。我国不少地区将雾并入霾一起作为灾害性天气现象进行预警预报，统称为“雾霾天气”。其中 PM2.5 颗粒是雾霾程度的重要指标。它们是空气动力学直径小于 2.5 微米的颗粒（1 微米等于 1/1000 毫米）。

根据柴静调查报告的数据来看，我国 PM2.5 24 小时平均浓度值已经大大超过世界卫生组织的标准。北大教授分析说，在北京测到的数据中有 15 种致癌物，是国际标准值的 14 倍！在国际大都市，看不见工厂和烟囱，可数值就是这么触目惊心。

柴静在视频中提及了这样一个事实：我国煤炭的消耗量超过了全世界其它国家之和！

柴静调查的结论显示，我国煤炭消费量在 2013 年就超过了全世界其它国家用煤量的总和。上一个达到这样量级的是，1860 年的英国。2013 年，我国的煤耗量是 36 亿吨。其中有 3 亿吨烧在了河北。我国燃煤和燃油存在“消耗量大”、“相对低质”、“前端缺少清洁”、“末端排放缺乏控制”四大问题。

柴静提到，化石燃料的燃烧产生大量颗粒污染物，让我们每个人都生活在终生暴露的“实验舱”里。在我国，每年因为大气污染，过早死亡的人数是 50 万。柴静说：“我做过不少污染报道，总觉得好像看到烟筒，看到厂矿才会有污染，所以生活在一个大城市里就无知无觉”。

## 推动新能源的发展 才是解决问题的根本

新能源有很多种形式，但最有发展潜力的是要数风能、太阳能和核能。

### 风能

风能作为一种清洁的可再生能源，越来越受到世界各国的重视。其蕴量巨大，全球可利用的风能为 200 亿千瓦，比地球上可开发利用的水能总量还要大 10 倍。我国风能资源丰富，可开发利用的风能储量约 10 亿千瓦，其中，陆地上风能储量约 2.53 亿千瓦，海上可开发和利用的风能储量约 7.5 亿千瓦，共计 10 亿千瓦。如果这些风能完全开发出来，那么就能基本满足我国目前的电能需求。目前我国风力发电所处的比例为 7%，仍需要大力发展。



## 太阳能

太阳能是一种强大的能量，除了核能之外，地球上所有形式的能量都是直接或间接来自太阳。太阳能不产生有害气体和粉尘污染，在环境污染越来越严重的今天，这一点是极其宝贵的。每年到达地球表面上的太阳辐射能约相当于 130 万亿吨标准煤，但由于太阳能具有分散性不稳定性，需要新技术的介入来规避这种能源形式的缺点。太阳能在我国三种主要的新能源中，是占比最少的。

## 核能

目前，人类利用核能都是利用的核裂变形式，即铀 235 原子核发生裂变释放的能量。一千克铀 235 裂变产生的能量相当于 2500 吨煤炭燃烧的能量。美国是核能发电量最大的国家，接近全部发电量的 20%；法国是核电比例最大的国家，达到了全国发电量的 80%。虽然历史上发生过重大的核电站安全事故，但从总体看仍然是一种重要的清洁能源。随着新技术的发展，核电站的安全系数越来越高。但目前我国核电所占的比例仅为 1.5%。

因此，透过柴静对环境污染煽情的批判，我们要看到其背后折射的其实是我国能源结构的不合理。改变能源结构、发展新能源才是对雾霾等环境问题釜底抽薪的措施。🌱

## 法国： 两座风电机组安家埃菲尔铁塔

法国媒体 2015 年 2 月 26 日援引法新社报道称，法国埃菲尔铁塔开发公司 (SETE) 在当地时间 2 月 26 日宣布，两座风电机组安家埃菲尔铁塔二层，距地面 127 米。

报道称，风电机组宽 3 米、高 7 米，每年共可发电 1 万千瓦时，可满足一楼商店能源消耗。埃菲尔铁塔开发公司表示，“这具有象征意义”。该公司还提到埃菲尔铁塔在可持续发展方面的参与性。

报道指出，除安装风电机组外，埃菲尔铁塔这一全球访问量最高的景点同样奉行其他环保措施，如全部使用 LED 灯，安装太阳能板，回收雨水等。埃菲尔铁塔开发公司表示，这些举措“旨在为铁塔提供 100% 可再生能源”。

据悉，埃菲尔铁塔在 2014 年迎接了 7,097,302 名访客。铁塔每年的电量消耗量达到 6.7 吉瓦，相当于一座拥有 3000 名居民的城市年消耗量。

来源：环球网

