

# 能量转换科技信息

广州能源研究所文献情报室  
广东省新能源生产力促进中心  
第七期 2017年4月

## 目 录

总论 .....	1
电规总院：中国能源消费将延续低速增长 .....	1
中国正大力推进高难度能源结构转型 .....	1
“互联网+”智慧能源将优先惠及哪些产业？ .....	2
2017《BP世界能源展望》：中国能源需求正在变化 .....	5
欧盟可再生能源被指停滞不前 .....	20
高纪凡博鳌建言“一带一路”：将低碳发展的“中国方案”在全球落地 .....	20
热能、动力工程 .....	21
电力转型发展是能源革命的关键 .....	21
光伏+储能：提高电网可靠性 减少用户侧投资 .....	22
让更多天然气插上翅膀“飞入寻常百姓家” .....	23
“应对气候变化战略研究和碳市场能力建设青岛中心”落户青科大 .....	26
北方 2017 年采暖新思路：风能发电+空气能 .....	28
供暖治霾难两全？试试清洁供暖怎么样 .....	28
超薄膜让锂硫电池实现千次以上稳定循环 .....	30
我固态锂电池完成万米海试 .....	31
马斯克：给我 100 天，解决南澳停电问题 .....	31
生物质能、环保工程 .....	32
我国首创循环利用新技术让农业污染变身绿色资源 .....	32
梁禹翔：让微生物燃料电池性能翻倍 .....	37
飞行中使用生物燃料更环保 .....	38
太阳能 .....	39
天合光能发布“PERC 双核”组件 .....	39
隆基向行业公开低衰减技术助力平价上网早日实现 .....	39
天合光能推出六大领域“光伏+”系统集成解决方案 .....	40
没有中国光伏企业，巴黎协定不会那么快签订 .....	41
“领跑者”设立不同效率标准是在保护谁？ .....	42
海润光伏在京发布最新“炫高效”五栅半片组件 .....	43
彭博：单晶硅片扩产，但未来五年多晶仍是主流 .....	44
预知在日本建设光伏电站的五重挑战 .....	45
“领跑者”设立加速单多晶组件效率提升 .....	47
瑞典创新太阳能储能技术 运用含碳化学液体实现高效储能 .....	48
世界最大“人造太阳”升空运行 .....	49
国内首个大型混合储能碟式光热发电项目开建 .....	50
海洋能、水能 .....	51
“蜀道难”7200 万千瓦水电路在何方？ .....	51

加上成套出海标准，中国水电就无敌了 .....	53
风能 .....	54
我国东北地区首个海上风电项目启动 .....	54
联合动力荣获“低风速时代十大技术创新奖” .....	54
联合动力自主风电机组可利用小时位列多省第一 .....	55
明阳 MySE 系列风机荣获低风速时代十大创新奖 .....	55
中国海上风电发展加速 带动全球装机量破 15GW .....	58
别任性，低风速风电开发要注意的还有很多 .....	62
英国看好海上风电的“中国机遇” .....	65

本刊是内部资料，请注意保存。信息均转载自其它媒体，转载目的在于传递更多信息，并不代表本刊赞同其观点和对其真实性负责，版权归原作者所有。严禁将本刊用于任何商业或其他营利性用途。用于读者个人学习、研究目的的单篇信息报道稿件的使用，应注明版权信息和信息来源。

《能量转换科技信息》半月一期。希望你对我们的工作提出宝贵意见。  
 联系方式：02087057486，zls@ms.giec.ac.cn。

# 总论

## 电规总院：中国能源消费将延续低速增长

电力规划设计总院发布的《中国能源发展报告 2016》显示，2016 年，我国能源消费总量低速增长，2017 年我国能源消费总量预计达到 44 亿吨标准煤，同比增长 1%，呈现“两升一降一平稳”的发展格局。

报告指出，2016 年，煤炭消费比重下降约 2 个百分点，非化石能源和天然气消费比重分别提高 1.4 个百分点和 0.3 个百分点。同时报告预测，2017 年，非化石能源和天然气消费仍保持增长，其消费比重将升至 6.7% 和 14.8%；煤炭消费占一次能源消费的比重继续减少；石油占一次能源消费比重保持稳定。报告认为，非化石能源快速发展是我国能源结构改善的主要驱动力，其对清洁能源消费比重提高的贡献率约为 64%。

值得关注的是，交通与建筑用能成为 2016 年我国终端能源消费增长的主要驱动力。报告预估，2016 年我国终端能源消费约为 32.3 亿吨标准煤，同比增长约 2%，其中交通用能约为 5 亿吨标准煤，同比增长 3.9%，建筑用能约为 5.2 亿吨标准煤，同比增长 7.0%。这反应了我国经济结构持续优化、产业结构加速升级，国内消费对经济发展的拉动作用继续增强。

能源消费结构的持续优化也得益于我国能源替代的发展。报告指出，我国交通领域“以电代油”发展迅速，成为 2016 年能源替代发展的亮点；随着经济的发展和人民对生活质量要求的提高，建筑体内能源替代稳步发展；但是，在工业领域“以气代煤”进展缓慢。

电力规划设计总院副院长徐小东表示，影响我国能源替代进程、阻碍消费结构进一步调整的主要阻力来自于能源价格，尤其是天然气的价格。天然气价格中，配气环节价格居高不下阻碍了天然气终端价格的进一步下降。因此建议 2017 年在降低终端气价、因地制宜制定能源替代方案、加大污染惩处力度和加快淘汰低效锅炉等方面采取相应措施。

李一凡 中国新闻网 2017-03-31

## 中国正大力推进高难度能源结构转型

世界经济论坛日前发布《2017 年全球能源架构绩效指数报告》称，中国正在大力推进高难度的能源结构转型，一方面加大对能源产业的投入，另一方面注意平衡能源安全、经济、环保的关系，并在空气治理等方面采取了积极措施。

根据这份最新报告，瑞士、挪威、瑞典、丹麦和法国位列全球能源架构绩效指数榜单前五位。该报告从能源获取安全性、经济促进力和环境可持续性 3 个维度，对全球 127 个经济体的能源架构与供应能力作出评估和排名，前 20 名经济体的平均增值是其他所有经济体的两倍。

报告认为，小规模经济体在建设安全、经济、环保的国家能源系统方面优势明显，如果政策运用得当，会更易于克服困难，作出能源结构调整，且领先幅度不断增大，大型经济体面临的能源系统挑战则更为严峻，故难跻身排名前列。例如，与 2016 年相比，印度（第 87 名）、美国（第 52 名）、俄罗斯（第 48 名）和日本（第 45 名）等主要能源消耗国，此次排名或上升缓慢，或有所下滑。

不过，报告也表示，虽然从国内生产总值和人口来说，多数领跑者为小型经济体，但法国（第 5 名）、英国（第 15 名）和德国（第 19 名）等大型经济体表现突出。欧洲经济体在榜单前 20 强中占据 16 席，显示该地区长久以来的协同合作效果显著。

报告指出，中国正在大力推进高难度的能源结构转型。在 18 项具体指标中，中国的“能源进口多样化”指数位列全球首位，但“发电碳排放量”和“PM2.5 浓度”等指数尚有很大提升空间，才能

实现整体竞争力的提升。在全球能源架构绩效排行榜上，中国位列第 95 名。

报告还提出可推动能源行业发展的三大原则：一是制定长远战略方向并坚定执行。确立长期愿景的经济体可在较长时间内保持政策连续性，这对能源行业的发展至关重要。二是协同制定适配政策，促进能源系统转型。只有符合经济体自身实际情况的政策才能最有效地促进能源系统转型。这意味着要创造机会，鼓励创新，采纳灵活政策，为有前景的技术提供支持，让本土技术得到更大发展空间。三是有效引导投资，侧重关键领域。足够的投资规模是保障能源转型、满足能源需求的前提。坚持长期愿景的稳定性对于树立投资者信心至关重要。

世界经济论坛能源及基础行业负责人罗伯特·博卡说：“过去 5 年，能源开发、获取和消费模式发生了翻天覆地的变化。未来的能源需求和前所未有的技术发展将继续向各经济体提出新挑战，同时也将带来新机遇。各经济体比以往任何时候都更需要理解能源行业的状况和发展轨迹，同时采取更加灵活的方式促进行业转型发展。”

经济日报 2017-03-28

## “互联网+”智慧能源将优先惠及哪些产业？

能源往往是一个“被沉重”的话题，能源人往往被塑造成“铁肩担重任”的形象，一般来讲，读能源研究学者的文章，更是能透过文字看到他们严肃的脸。

有幸！职业之便，编辑能第一时间阅读到《“互联网+”智慧能源将优先惠及哪些产业》这篇文章。读完心中一喜。

“互联网+”智慧能源究竟是何等娇娘，引无数能源英雄竞折腰？互联网与能源之间有何前世纠缠？互联网与能源如何谱写今生夙愿？二者又诞下了怎样的爱情结晶？作者用轻松的话语来讲述“互联网+”智慧能源这一新鲜且专业的话题。

讲述能源故事、预判行业前景，这是大多数能源研究者的必修课。可贵的是，本文作者用鲜活跳跃的语句来阐释复杂沉重的能源话题。

### 数说能源互联网

56

首批“互联网+”智慧能源（能源互联网）示范项目评选结果公示示范项目 56 个。

27

位于北京、江苏、广东、上海、浙江等经济发达地区的示范项目为 27 个，约占示范项目总数的一半。

530 亿元

初步估算，2020 年末我国电表需求约为 6.65 亿台，其中智能电表市场需求约 6 亿台，2017-2020 年智能电表增量空间约为 2.3 亿台，市场总额约 530 亿元。

7500 亿元

根据电动汽车增量测算，至 2020 年我国汽车销售总额将达到约 7500 亿元。

370 亿元

估算 2020 年 500 万辆电动汽车充电服务费市场约为 370 亿元。

2000 亿元

预计 2020 年储能规模将超过 5000 万千瓦，产业规模将达到 2000 亿元。

31

电力相关企业申请了 31 个示范项目，约占项目总数 55%，扮演了核心角色。

3 月 6 日，国家能源局首批“互联网+”智慧能源（能源互联网）示范项目评选结果完成公示，示范项目共 56 个，分布在 23 个省区市。当晚，笔者的朋友圈被“互联网+”智慧能源刷屏。其实在

2016年“互联网+”智慧能源就是能源行业的最热门词汇。“无互联，不能源”，作为能源从业人士，朋友见面、行业座谈的时候不说说“互联网+”智慧能源都无法得到有效关注。

纵观2016年，“互联网+”智慧能源让人心激动，无论是业内还是业外，都对“互联网+”智慧能源期待有加，纷纷摩拳擦掌、跃跃欲试，更有部分心急者生恐错过时机，扔掉了体制的饭碗，头也不回地去拥抱“互联网+”智慧能源了。

那么“互联网+”智慧能源究竟是何等娇娘，引无数能源英雄竞折腰，就连《能源发展“十三五”规划》（以下简称《规划》）也把积极推动“互联网+”智慧能源发展作为重点任务之一。它在“十三五”期间的发展前景及投资机遇如何，又将影响和带动哪些行业发展？借首批“互联网+”智慧能源示范项目评选结果公示之际，笔者尝试解读一二。

#### 互联网与能源的前世纠缠

互联网诞生至今也就短短数十年，在最近十几年内，互联网快速发展，从1.0的门户时代越过以互动为主的2.0社交时代，进入到了更加个性化的3.0时代，并在人们的生产和生活中发挥着重要作用，成为了绝对的“全民女神”。

传统能源行业虽然总被视为老古董、老传统甚至老顽固，但是能源行业一直在努力追求“全民女神”。从企业网站到管控平台，从生产实时监控到流程再造，互联网技术在能源行业如鱼得水，与能源行业的“恋爱”谈得如胶似漆。在那场恋爱中，主动表白的是能源，被表白的是互联网，那场恋爱有个风花雪月的名字叫“能源信息化”，如果用今天的取名法就该叫“能源+互联网”。

同样在最近十几年内，我国能源发展硕果累累，生产量和消费量屡创新高，很好地满足了国民经济发展需要。但由于发力过猛，当前能源发展方式较粗放、利用效率不高。2015年后，经济新常态下，发力过猛的后遗症显现，能源可持续发展问题愈发凸显。按照创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念，以及“四个革命、一个合作”的战略思想，以能源供给侧结构性改革为主线，以提高能源发展质量和效益为中心，着力培育能源生产消费新模式新业态，努力构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系。

2016年国家发展与改革委员会、国家能源局以及工业和信息化部联合下发《关于推进“互联网+”智慧能源发展的指导意见》（以下简称《意见》），意在推动互联网理念、先进信息技术与能源产业深度融合，提高可再生能源消费比重，促进化石能源清洁高效利用，提升能源综合效率，形成能源市场开放和产业升级的新业态。这一次，主角虽然还是互联网和能源，但是戏码有颠覆性改变，剧情改为互联网倒追能源，目的是要让能源这个角色变得不邈邈（更清洁）、不浪费（更高效）、不呆板（更智慧），互联网演的是拯救者，能源演的是被拯救者，主角是互联网，戏名是“互联网+”智慧能源。

#### 互联网与能源的今生夙愿

从与传统产业结合的那天起，互联网就一直以天马行空青年姿态，挑战权威，颠覆传统。互联网对传统产业采取的侵入方式，先是蚕食、后是冲击、最后是颠覆，侧面试探演变为正面竞争，正面竞争演变为全面洗劫。从零售到批发，从居家到出行，从交流到交易，从轻量级的到重量级的，一个个传统产业，一步步地被互联网更换了组织基因、重构了商业模式。

这一次，互联网主动找上能源谈恋爱，其核心也是要升级能源行业的组织基因，重构能源行业的商业模式，以实现能源拥抱互联网的转型和升级。李克强总理提出的“互联网+”行动计划中，“互联网+”实际上是指互联网与传统行业深度融合后行业发展新业态，是知识社会创新推动下的行业演进新形态，是互联网思维的进一步实践成果。《规划》在政策取向中也明确提出要更加注重能源系统优化，创新发展模式，积极构建智慧能源系统。

此次，国家能源局公布的“互联网+”智慧能源示范项目，位于北京、江苏、广东、上海、浙江等经济发达地区的示范项目为27个，约占示范项目总数的一半；电力公司、上市公司和工业园区是项目建设的主要力量，其中电力相关企业申请了31个示范项目，约占项目总数55%，扮演了核心角色，发展模式主要围绕电网展开；从示范项目工程性质看，“互联网+”智慧能源示范项目主要发展

方向为：

一是对能源生产和利用设施进行智能化改造，提升设施智能化运行水平；

二是加快智能电网发展速度，尤其是推广以智能电表为代表的智能计量设施应用，提升“源-网-荷”的交互响应能力；

三是推进能源与其他领域深度融合，建设能源互联网运行体系。

互联网与能源的爱情结晶

“互联网+”智慧能源要的不仅是互联网技术，更重要的是互联网思维在能源行业的应用，以达到提高可再生能源比重、促进化石能源清洁高效利用、提升能源综合效率等目标，重塑能源行业商业模式，推动能源市场开放和产业升级，形成新的经济增长点。笔者认为，“十三五”期间，“互联网+”和能源的结合最有可能在以下几个方面开花结果：

打破界限藩篱

“互联网+”智慧能源打破了以往能源系统信息不对称的格局，将小、微型能源设备有机结合起来，就像人们在互联网上任意创造、吸收信息一样，任何一个能源设备可以同时生产、消费主网上的能源，形成信息透明、“源-网-荷”主动互动、节能高效的能源网络，有望消除各能源品种之间的隔离，打破相对封闭的行业格局，促进能提供多品种、多层次能源综合服务商的到来。

“互联网+”智慧能源体系涵盖传统电力、石油、天然气、新能源等多个能源品种，甚至包括冷热电气的能源输配管网，如此庞大的能源体系，其设计复杂程度远超已有的单品种能源体系，更不要说具体的实施和运行经验。可以说，“互联网+”智慧能源从顶层设计开始就要打破现有体系布局，促使现有能源类公司转型来抢占市场高地，改变已有市场格局。另外，“互联网+”智慧能源正在模糊能源、交通、信息等不同工业领域的界限，这为能源企业、交通企业、信息企业跨界开拓业务提供了机遇，随之而来的商业潜力也是无限巨大。目前已有多家互联网企业积极筹备进入能源领域，成为传统能源企业门口的“野蛮人”。

推进清洁发展

“互联网+”智慧能源通过充分融合能源和信息技术，在能源生产、传输、存储、利用、交易全链条中充分融入智慧化元素，要实现能源系统的绿色低碳、安全高效发展。从当前示范项目的应用领域来看，也主要体现在以日常生产生活中冷、热、电等主要二次能源使用为核心，整合地热能、太阳能、空气能、水能、天然气、城市自来水、污水、工业废水废热等多种能源利用形式，运用新技术对各种能量流进行智慧平衡控制，达到能源一体化供应和循环往复利用。从这个角度看，除较为成熟的风能和太阳能外，其他因地制宜、就地取材的新型能源利用方式也将迎来新的发展机遇。

当然，“互联网+”智慧能源不仅指能源开发和利用技术，还包括能源生产和消费制度。建设基于互联网的绿色能源灵活交易平台，促进分布式可再生能源生产商与用户之间进行点对点直接交易，建立基于互联网平台的分布式可再生能源实时补贴结算机制，提高分布式可再生能源建设积极性，等等。“三分技术、七分改革”，基于互联网手段的智慧能源制度建设，将在推进可再生能源发展，推动能源结构转型升级等方面迎来新机会。

基础设施是重点

发展“互联网+”智慧能源，推进先进信息技术与能源产业深度融合，基础设施建设是发展重点。所以，《规划》提出要实施能源生产和利用设施智能化改造，推进能源监测、能量计量、调度运行和管理智能化体系建设，积极推进智能变电站、智能调度系统建设，扩大智能电表等智能计量设施、智能信息系统、智能用能设施应用范围等建设要求。笔者认为，“十三五”期间，“互联网+”智慧能源将首先惠及如下产业：

能源信息化产业

数据是互联网的大脑，随着“互联网+”智慧能源的边界不断扩大，电、煤、油、气等能源领域及气象、经济、交通等其他领域的未来将全部包含在能源大数据的应用范围内，涉及到的数据采集、储存、计算及分析工作属于蓝海领域，面向能源生产、流通、消费等环节的能源大数据应用

与增值服务将是未来主要增长点之一，与能源相关的监测与控制设备制造业在“十三五”期间得到长足发展。

#### 智能计量设备

智能电表是能源智能终端和数据入口，其双向多种费率计量、实时控制、智能交互能力是实现分布式可再生能源交易平台等重要基石。2015年能源局印发《配电网建设改造行动计划(2015-2020年)》，指出“到2020年，智能电表覆盖率达到90%”。初步估算，2020年末我国电表需求约为6.65亿台，其中智能电表市场需求约6亿台，2017-2020年智能电表增量空间约为2.3亿台，市场总额约530亿元。智能电表发展前进步伐较快，如果计及其他能源智能计量设备，这也是一个潜力巨大的市场。

#### 电动汽车及储能设备

“互联网+”智慧能源重要特征是用户思维，电动汽车和储能设备是潜力巨大可应用互联网思维的能源消费单元。目前我国电动汽车保有量约75万辆，充电桩约17万个，与“十三五”规划目标之间存在广阔市场空间。根据电动汽车增量测算，至2020年我国电动汽车销售总额将达到约7500亿元。充电桩市场方面，估算2020年500万辆电动汽车充电服务费市场约为370亿元。对于储能设备，预计2020年储能规模将超过5000万千瓦，产业规模将达到2000亿元。

#### 合同能源管理服务

我国中小工商业用户电价是居民电价1-1.5倍左右，是企业运营成本中不可忽视的一部分。若有公司为工商业用户提供配电管理、运维等一系列合同能源管理服务，有效优化工业商业用户用能成本，是创造能源销售新商业模式的绝佳机会。“互联网+”智慧能源所拥有的及时性和精准性已经为推广合同能源管理铺平道路。以一个年用电量500万千瓦时的商业用户为例，若只考虑售电服务，利润约为17万元/年；若同时提供售电和15%的节能服务，收益可达到36万元/年。

能源互联网虽然是新鲜事物，但从诞生之初就广受各界关注，发展潜力不可小视，业内均认为其必将颠覆现有的能源体系格局，形成一次重大的产业革命，随着而来就是市场洗牌之时。面对万亿市场的规模、种类繁多的发展机会，各路资本早已按捺不住，就像百米跑道上正在加速的竞赛选手，全力冲刺领跑市场。机会面前，时不待人，你准备好了吗？

陈铮 徐东杰 赵春阳 徐英新 中国能源报 2017-03-21

## 2017《BP世界能源展望》：中国能源需求正在变化

2017年3月30日，《BP世界能源展望(2017年版)》(以下简称“《展望》”)中文版在北京发布。

《展望》着眼于长期能源发展趋势，并对世界能源市场在未来二十年的发展作出预测。

受发展中国家的繁荣增长所驱动，到2035年，全球能源需求将增加约30%，但部分增长会被快速提升的能效所抵消

技术进步和对环境的关注正在改变一次能源需求结构，但在2035年之前，石油、天然气与煤炭仍是主导能源

中国能源需求增长在展望期内会缓降至年均1.9%，不到过去二十年年均增速(6.3%)的三分之一

天然气的增速超过石油和煤炭；液化天然气(LNG)的迅速扩张很可能导致以美国气价为基准的全球一体化天然气市场的形成

石油需求持续增长，但增速放缓；到21世纪30年代，非燃烧使用的需求将取代交通需求成为需求增长的主要来源

全球煤炭消费量达峰值，而可再生能源仍是目前增长最快的能源来源，在未来二十年将翻两番全球能源增量的近三分之二用于电力行业

碳排放量增长不到过去二十年平均增速的三分之一，这反映了能效的提升与能源结构的快速变

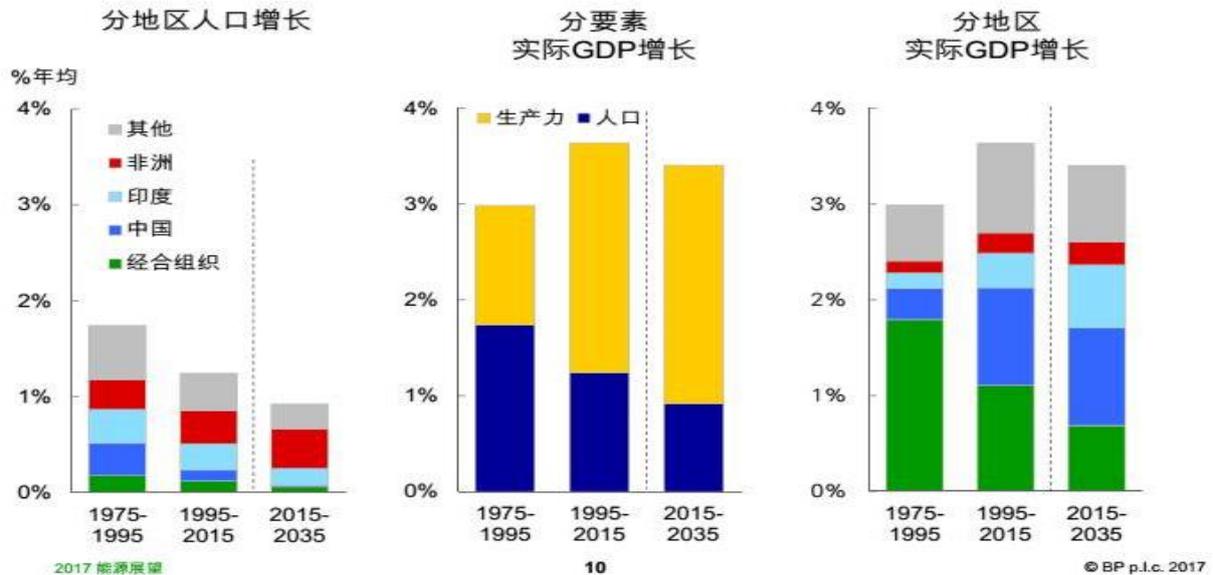
化；但在基本情景中，碳排放量预计仍将增长，这意味着需要采取进一步行动

### 主要能源预测

展望期间内全球能源需求将增加约 30%；全球经济规模几乎翻番；能源强度以 1965 年以来的最快速度下降。

虽然预计未来二十年非化石燃料将占能源供应增长量的一半，《展望》预测石油、天然气和煤炭仍将是拉动世界经济的主要能源来源，占 2035 年能源供应总量的 75%以上，而 2015 年这一比例为 85%。

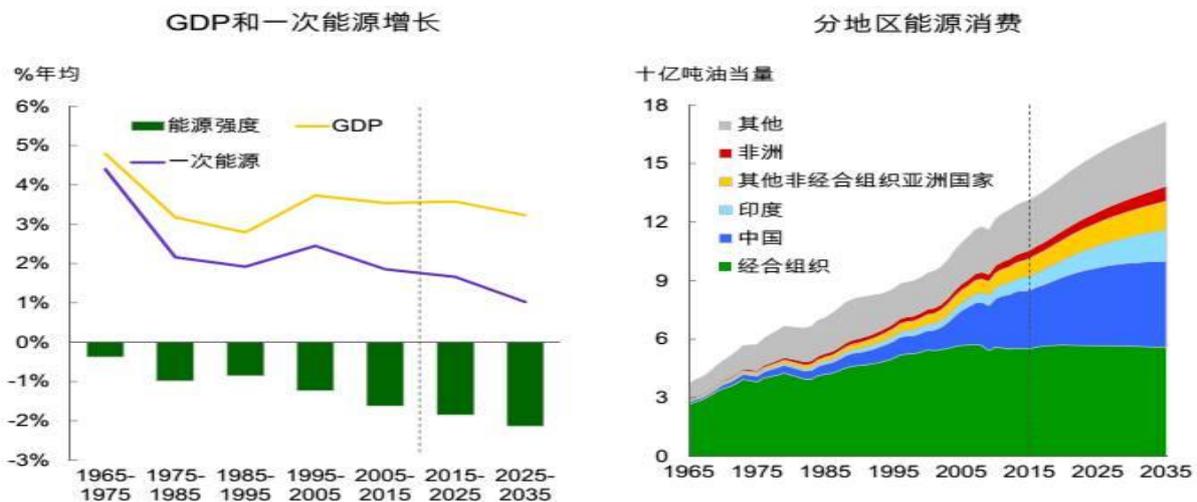
展望期内，全球 GDP 几乎翻一番



主要由生产力提高驱动 预计未来 20 年世界经济将增长近一倍，年均增长 3.4%。（基于购买力平价汇率计算）。

- ◆增长主要由生产力的提高（即人均 GDP）驱动，这占增长的四分之三。
- ◆到 2035 年，世界人口预计增加约 15 亿、达到 88 亿人。
- ◆全球经济预期增长大部分来自新兴经济体，其中中国和印度加起来约占增长的一半。
- ◆生产力的预期增长导致全球经济日益繁荣，超过 20 亿人脱离低收入群体。
- ◆展望期内，非洲占世界人口增量的近一半，但对 GDP 增量的贡献不足 10%。非洲对 2035 年后全球 GDP 增长和能源需求的潜在重要性在后文有所论述。

### 世界经济增长需要更多能源



◆世界经济的增长需要更多的能源，尽管其增长的程度被能源强度（单位 GDP 能耗）的降低所缓和：全球 GDP 翻一番，而能源需求只增加了 30%。

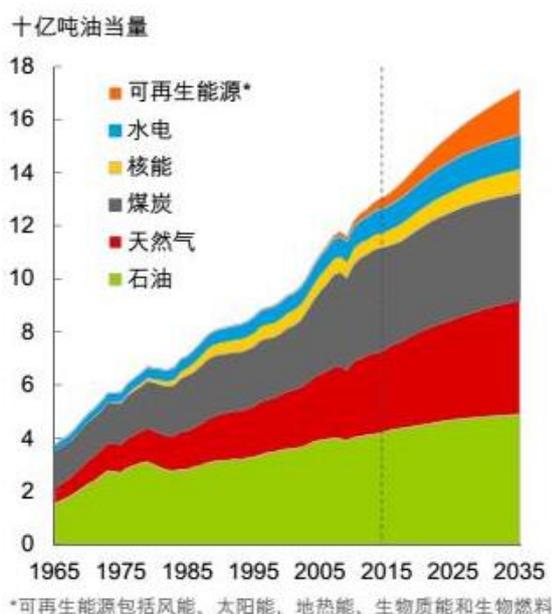
◆能源消费增长速度将低于过去：展望期间年均增速 1.3，而 1995-2015 年间年均增速为 2.2%。

◆由于中国经济的再平衡和全球对提高能效的重视，全球能源强度下降的速度预计将加快。

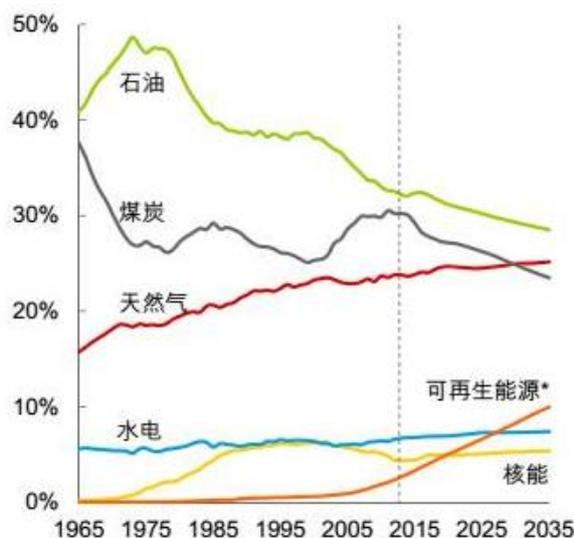
◆中国将是最大的能源增长市场，尽管其可能会在展望期末被印度超越。

能源结构继续逐步转型

一次能源消费



一次能源占比



非化石燃料占能源增长的一半

◆能源结构逐步转型，其中可再生能源、核能和水电将在未来 20 年内占能源供给增长的一半。

◆即便如此，石油、天然气和煤炭仍是为世界经济提供动力的主导能源，占 2035 年能源总供给的四分之三以上（从 2015 年的 85% 下降）。

◆其中，天然气是增速最快的化石能源（年均 1.6%）。它超越煤炭在 2035 年前成为世界第二大燃料来源，其在一次能源中的份额增加。

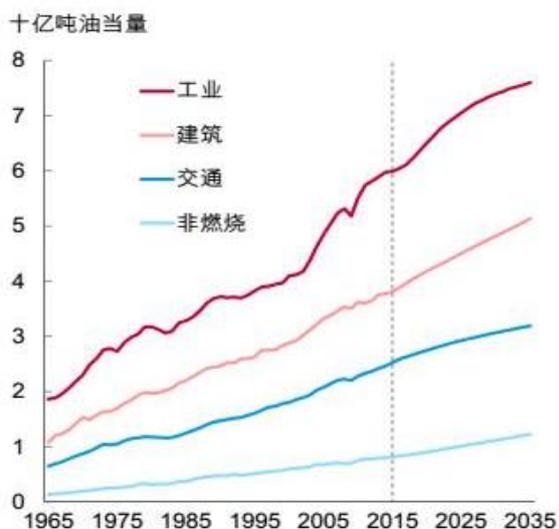
◆石油继续增长（年均 0.7%），虽然其增速预计将逐步放缓。

◆煤炭增长预计急剧放缓至年均 0.2%，相比之下，过去 20 年均值为年均 2.7%。煤炭消费预计在 2025 年左右达到峰值。

◆可再生能源是增速最快的能源（年均 7.1%），它在能源结构中的占比从 2015 年的 3% 升至 2035 年的 10%。

工业和交通部门能源需求增长放缓

分终端部门的总能源消费量\*



分部门化石燃料需求增长



\*电力部门主要燃料按照终端部门电力消费分配

非燃料部门的增长依然强健

按部门来看，工业和“建筑”部门（也包括农业和其他小部门）是最终能源消费的最大市场，并占展望期内能源需求增长的大部分。

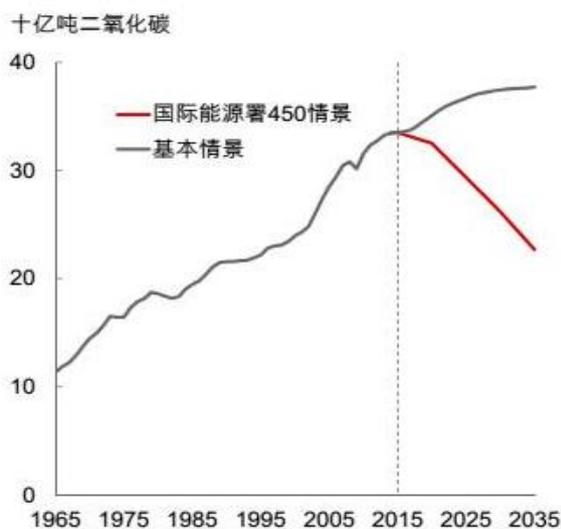
◆上述两个行业的需求增长在展望期内均有放缓。由于能效提高，建筑部门能源需求增长放缓（年均 1.5%）。工业部门需求增长也减缓（年均 1.2%），主要原因是效率提升和从能源密集型行业（特别是中国）转移。交通部门能源需求的增长（年均 1.2%）也随着燃料经济性的加速提升而趋缓。

◆相比之下，非燃料用途的能源需求的增长（特别是作为石油化工产品原料）仍相对强健（年均 2.1%），部分原因在于其效率提高范围有限。

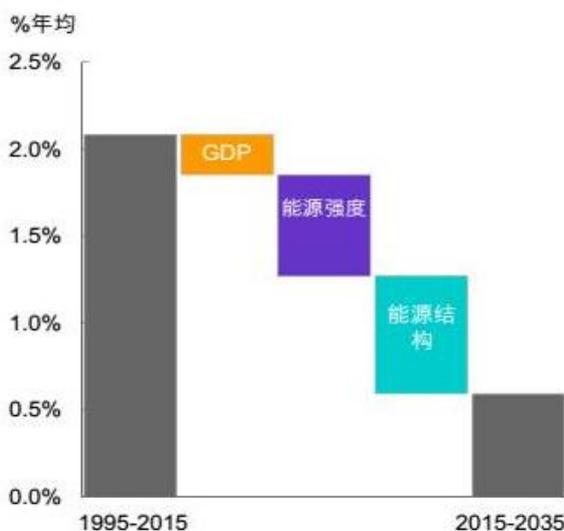
◆因此，尽管仅占当前终端能源使用的一小部分（6%），非燃料能源使用在展望期末期成为化石燃料需求增长的最大来源。石油约占非燃料部门增长的三分之二，而天然气占剩下的大部分。

碳排放量将继续上升

碳排放量



碳排放增长放缓的贡献因素



碳排放量已根据《世界能源统计年鉴》最新方法论做了修订。因此，本预测无法与旧版《能源展望》中的估算值直接比较。

◆基本情景意味着来自能源使用的碳排放量在展望期内将增长大约 13%。这远远超过了国际能源署 450 情景的预测：为了实现巴黎协议制定的减排目标，到 2035 年全球碳排放需下降大约 30%。

◆即使如此，来自能源使用的碳排放量预计年均增速 0.6%，不到过去 20 年平均增速三分之一（年均 2.1%）。这将是自 1965 年我们开始有记录以来任意 20 年间的最低碳排放增速。

◆碳排放增长可预见的放缓反映了能源强度下降的速度和能源结构变化的速度的大幅加快，其中煤炭消费急剧放缓，而天然气与可再生能源、核能和水电一起占展望期内能源增量的近 80%。

不用担心石油枯竭

现有的已知资源量远高于全球直到 2050 年甚至以后的消费量。

◆预计石油需求将在整个展望期内增长，尽管增速相比过去有所放缓。

◆交通部门消费了世界上大多数液体燃料，其在展望期内仍占全球需求的不到 60%。交通占全部需求增长的近三分之二（1000 万桶/日），该增长大致均匀分布在：汽车（400 万桶/日）、卡车（300 万桶/日）和船舶、火车和飞机（300 万桶/日）。

◆但是随着燃料效率显著提高和非石油燃料加快推广，石油燃料来自交通需求增长的推动逐渐减弱。电力、生物燃料、煤炭和天然气加起来将占 2035 年交通燃料需求的 13%，高于 2015 年的 7%。

◆交通石油需求增长的减缓导致石油总需求增长的逐渐减慢，从近期的约年均 100 万桶/日的增量下降到 2035 年的年均 40 万桶/日的增量。

◆非燃烧用途，特别是在石油化工部门，到 21 世纪 30 年代初成为液体燃料需求的主要增长源。整个展望期内，非燃烧用途需求增加了 600 万桶/日。

天然气凝析液供给充足

◆展望期间，液体能源供给每年仅增长 70 万桶/日，远低于过去 20 年来年均 130 万桶/日的增速，反映出需求前景较弱。

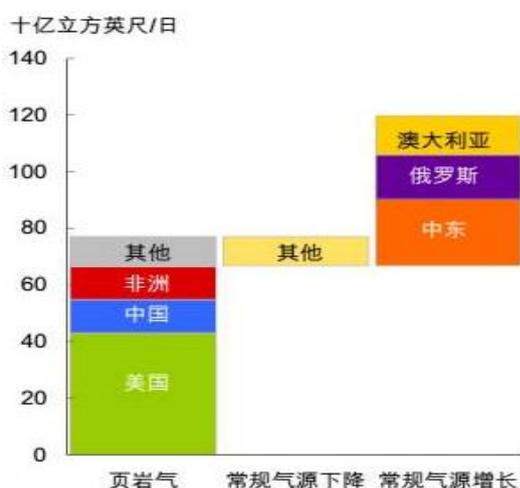
◆天然气凝析液产量的强劲增长（年均 30 万桶/日）和生物燃料产量的持续增长，意味着全球炼厂加工量年均仅增加 30 万桶/日。

◆所有油品需求增长均来自新兴经济体，而经合组织需求下降趋势持续。在过去，包括中国、印度和中东在内的许多非经合组织国家和地区，倾向于建立足够的新炼油产能以满足（或超过）其需求增长，而非依靠进口。如果该做法持续，则可能导致大量炼厂闲置产能并最终造成欧洲、亚洲经合组织国家和北美部分地区等成熟市场的炼厂关闭。

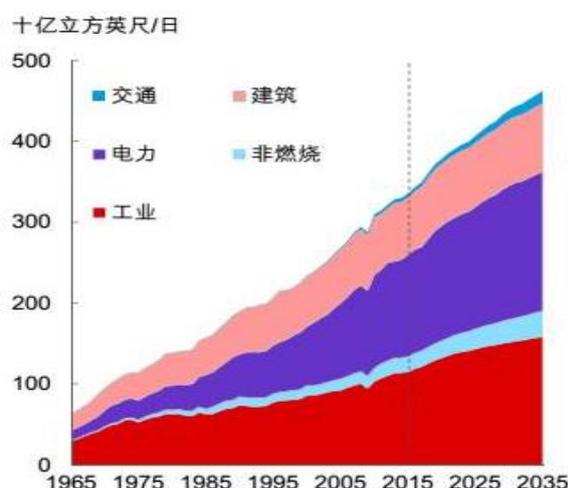
◆事实上，已宣布在 2015-2020 年间开工或计划（建设）的新增炼油产能总共已达约 800 万桶/日，这足以满足未来 20 年内预计增加的全部炼油需求量。

### 美国页岩气引领全球天然气供给的强劲增长

天然气供给增长 2015-2035

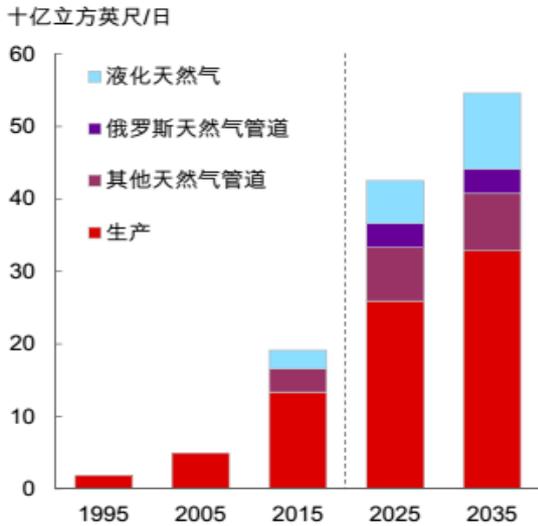


分部门天然气消费

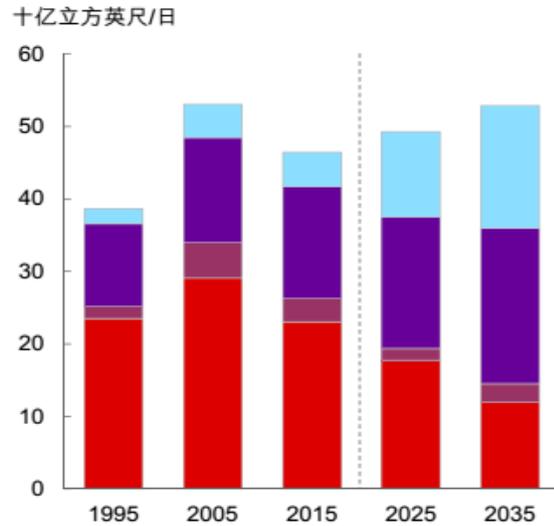


## 进口天然气供给日趋多样化

### 对中国的天然气供应



### 对欧洲的天然气供应



## 支撑世界主要市场的天然气消费

◆随着中国和欧洲的进口依赖度上升，由于液化天然气快速发展带来的供给日趋多样化有助于支持天然气消费上升。

◆在中国，天然气消费增长（年均 5.4%，360 亿立方英尺/日）超过国内产量，使得进口天然气占总消费量的份额从 2015 年的 30% 升至 2035 年的近 40%。

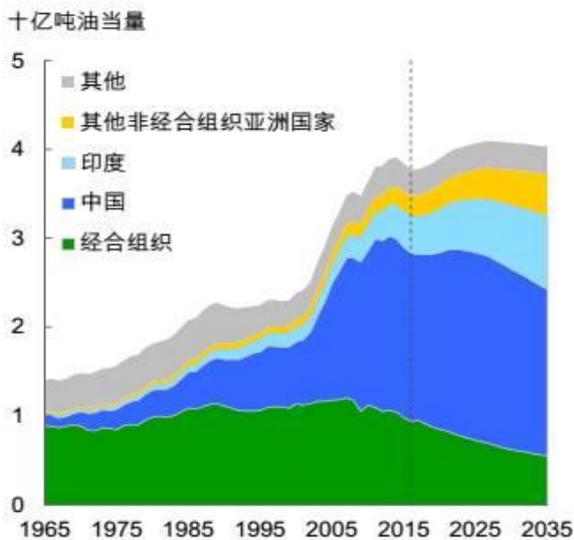
◆约一半新增进口为液化天然气，剩余部分是来自俄罗斯和其他独联体国家的进口管道气，这部分的数量日益增多。

◆在欧洲，随着现有油田老化且没有替代产量，本土产量将急剧下降（年均下降 3.2%）。因此，进口天然气占总消费量的份额从 2015 年的约 50% 升至 2035 年的近 80%。

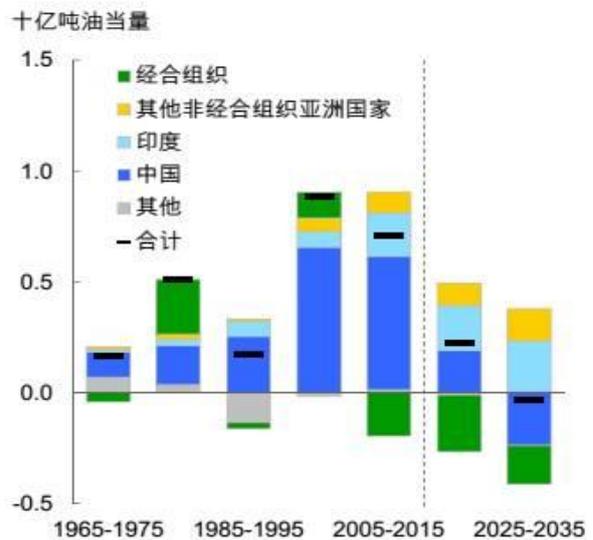
◆液化天然气进口预计将占新增进口量的约三分之二，剩余部分是来自俄罗斯和其他独联体国家的进口管道气，这部分的数量日益增多。

## 全球煤炭需求增速急剧放缓

### 分地区煤炭消费



### 分地区十年增量



◆全球煤炭需求增速相对过去急剧下降（年均 0.2%vs 过去 20 年间的年均 2.7%）；全球煤炭消费量在 2025 年左右达到峰值。

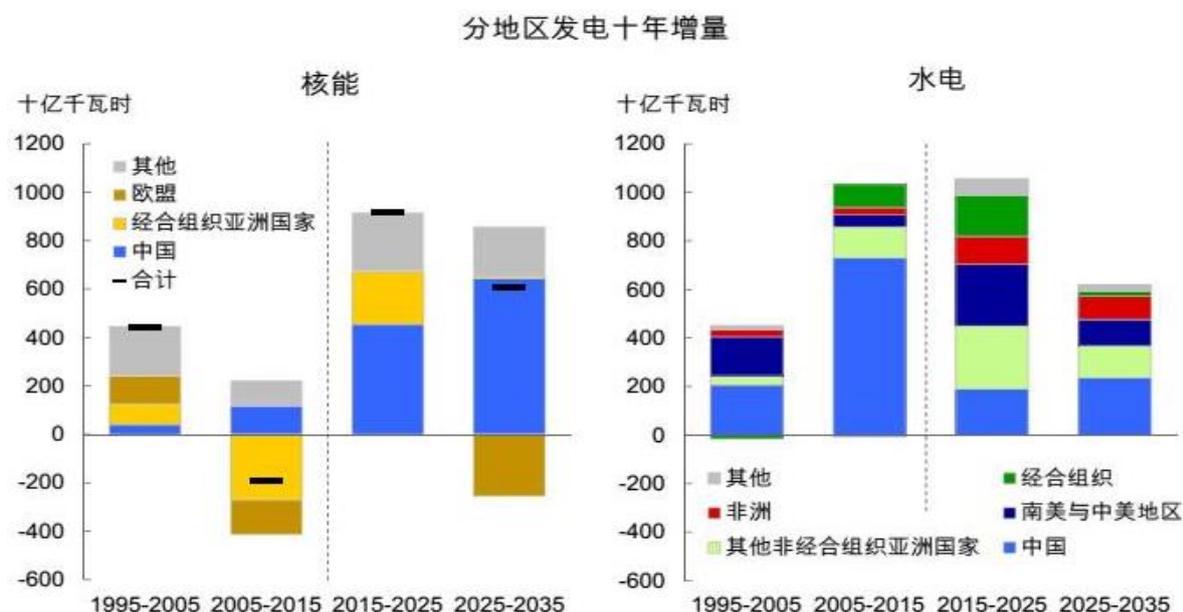
◆这种放缓主要由于中国经济转向更可持续的增长模式，以及政府政策促使从煤炭转向更清洁低碳的燃料。中国煤炭消费预计在未来 20 年将趋于平稳，与过去 20 年间工业化驱动的快速增长形成鲜明对比。

◆即便如此，中国仍然是世界上最大的煤炭市场，占 2035 年全球煤炭消费量的近一半。

◆印度是全球最大增量市场，其在全球煤炭需求中的占比从 2015 年的 10%左右翻倍至 2035 年的 20%。超过三分之二的印度新增煤炭需求预计将进入电力行业。

◆随着煤炭在电力部门中份额被可再生能源和天然气挤出，经合组织煤炭消费下降超过 40%。

### 核能与水电稳步增长



◆核电和水力发电量预计在展望期内将稳步增长，年均增速分别为 2.3%和 1.8%大致保持其在电力部门中的联合份额。

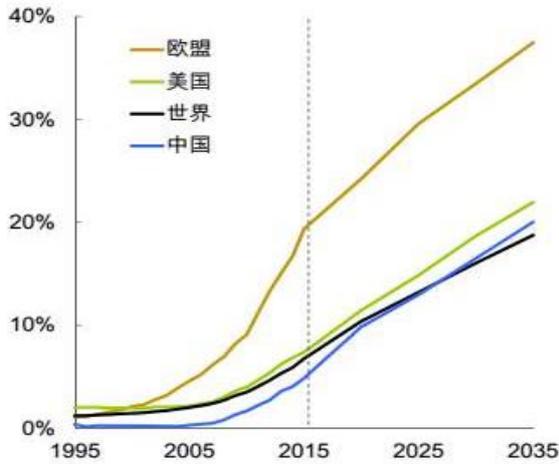
◆随着老化核电站逐渐退役且新投资几乎为零，欧洲核电装机容量下降：到 2035 年，欧盟核电发电量比 2015 年低 30%。日本预计在展望前半期逐步重启一些反应堆，但不会回到福岛事故前水平。

◆中国的快速核电扩张计划（年均 11% /，1100 太瓦时）占全球新增核电发电量的近四分之三。这大致相当于中国在未来 20 年每三个月就启动一个新反应堆。

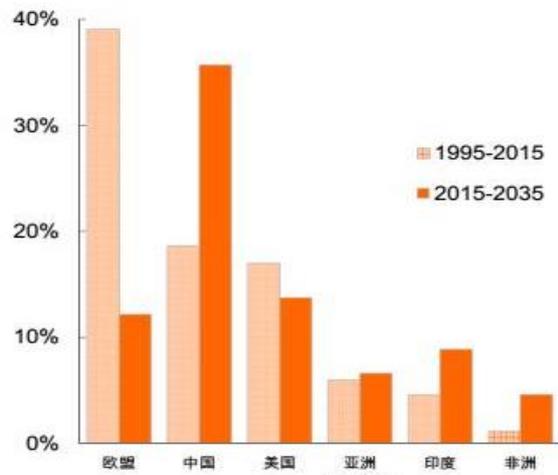
◆相比之下，随着主要资源的可用性下降，中国水力发电量增长（430 太瓦时）相对于过去十年大幅放缓。巴西和印度弥补了一些差距，两国在展望期内各新增超过 1000 太瓦时的水力发电量。

### 可再生能源继续快速增长

可再生能源在发电中的占比



新增可再生能源发电占比



2017 能源展望

40

© BP p.l.c. 2017

- ◆在发电中，可再生能源预计将是增长最快的能源（年均 7.6%），在展望期内翻了不止两番。
- ◆可再生能源占新增发电量的 40%，使其在全球发电中的份额从 2015 年的 7% 升至 2035 年的近 20%。
- ◆欧盟在可再生能源使用上继续领先，欧盟电力部门可再生能源占比在展望期内翻倍、到 2035 年达到近 40%。
- ◆然而，中国是未来 20 年可再生能源最大的增长来源，其增量超过欧盟与美国之和。
- ◆可再生能源的强劲增长得益于人们相信太阳能和风能的竞争力将在展望期内显著提高。

能源转型面临的不确定性和问题

石油：不断变化的供求动态

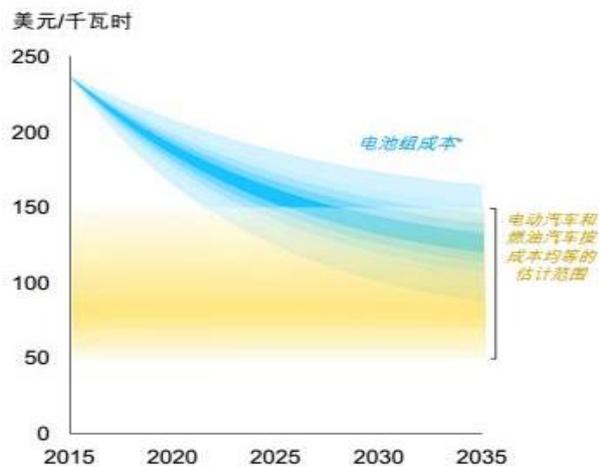
①出行方式的快速革命可能扰乱石油需求

交通部门消耗量约占石油需求增长的三分之二。其中，由于全球汽车使用量翻了一番，汽车对石油的需求量为每天增加约 400 万桶。据预测，电动汽车的数量将从 2015 年的 120 万辆增至 2035 年的约 1 亿辆（约占全球汽车总量的 6%）。《展望》构建了两个说明性情景，来考虑对汽车市场产生影响的出行革命：包括自动汽车、汽车共享和拼车。

全球车辆规模: 2015-2035



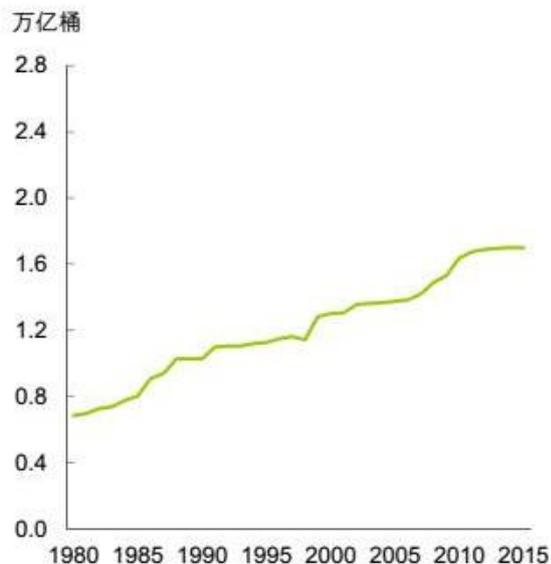
电池组成本示意性路径



\*针对具有60千瓦时电池组的电池电动汽车。成本预测很大程度上取决于电动汽车扩张速度，而这是不确定的，因此，该类型电池组成本范围应只被视为示意性的。目前对电池成本的估算也千差万别，但本图并未说明出这种不确定性。

## ②石油需求增速放缓与全球丰富的石油资源形成对比

### 全球探明石油储量



2017 能源展望

### 技术可采储量和累计石油需求估算值



\*根据第88页显示的结果范围

© BP p.l.c. 2017

50

◆全球探明的石油储量（最狭义的资源储量类别）在过去 35 年翻了不止一番：每消费一桶石油时就有超过两桶石油被探明。

◆技术可采石油（一个更广义的类别，旨在测量可用当今技术提取的资源）约为 2.6 万亿桶。这些资源中约有 1.7 万亿桶（65%）位于中东、独联体国家和北美洲。

◆如此充裕的石油资源与石油需求增长放缓形成对比。到 2035 年的累计石油需求预计约为 0.7 万亿桶，明显少于中东一个地域的技术可采石油。

◆展望 2050 年，在大多数情景下，全球累计石油需求量不足现在技术可采石油资源的一半。

## 天然气：全球市场的崛起

### ①液化天然气仍集中在亚洲

全球液化天然气供给在展望期内强劲增长，美国（190 亿立方英尺/日）和澳大利亚（130 亿立方英尺/日）引领增长。

◆近三分之一的增长发生在展望期的前四年，这主要由于目前正在开发的一系列项目将竣工。之后第一轮液化天然气供给得以消化，期间增速暂缓，随后增速将回复到比较温和的水平。

◆存在这样的风险，即液化天然气供给的第二轮增长实现较慢，导致短期内液化天然气供应紧张。

◆亚洲仍然是液化天然气需求最大的地区。中国、印度和其他亚洲国家对液化天然气的需求均有增加，使得天然气在这些经济体中的增长比石油或煤炭更快。

◆欧洲也越来越多使用液化天然气，以帮助应对国内产量下降造成的日益增长的供求差距。

### ②液化天然气在天然气贸易中份额急剧增加

2035年液化天然气净进口和出口（十亿立方英尺/日）



液化天然气贸易以七倍于管道天然气贸易的速度增长，到2035年将占全球天然气总交易量的一半左右（目前是32%）。

◆液化天然气的贸易重要性提升的意义在于：与管道天然气不同，液化天然气船可改道至世界各地以响应区域供需的波动。因此，全球天然气市场很可能将日益一体化。

◆特别当价格不够支付运输成本时，液化天然气供应者有足够的理由改道，直到价格恢复正常为止。

◆澳大利亚液化天然气供给一般由亚洲市场消化。美国液化天然气出口可能更加多样化，为欧洲、亚洲、南美洲和中美洲市场提供边际气源。因此，美国气价有可能在全球一体化市场上为天然气定价发挥关键作用。

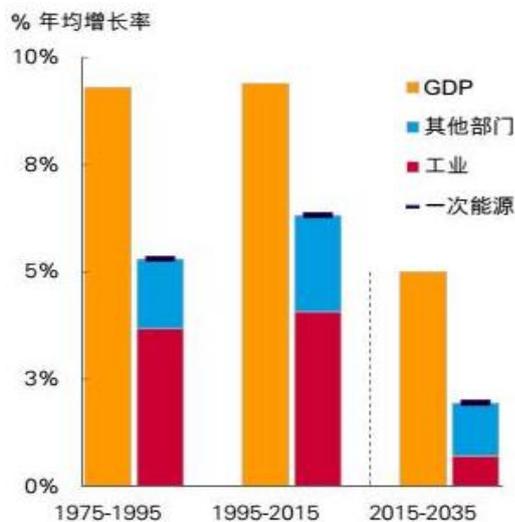
◆一个深化且充满竞争的液化天然气市场的发展可能导致天然气长期合同日益与液化天然气现货价格相挂钩。

中国的能源需求正在变化

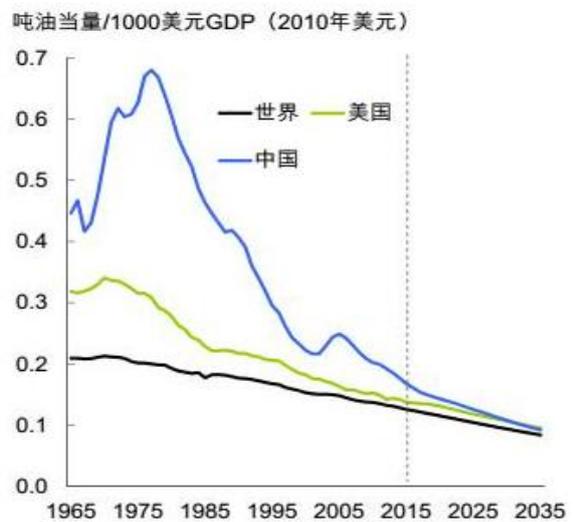
中国能源需求增长在展望期内会缓降至年均1.9%，不到过去二十年年均增速（6.3%）的三分之一。

虽然能源需求增长放缓，2035年中国在全球能源消费中的占比仍超过25%。

中国GDP和一次能源需求增长



能源强度



◆中国是世界最大能源消费国，且是过去二十年世界能源增长的最重要的来源。但是随着中国转向更加可持续的增长路径，其能源需求正在改变。

◆中国能源需求预计在展望期内以年均不到 2% 的速度增长，而过去 20 年为年均 6% 以上。

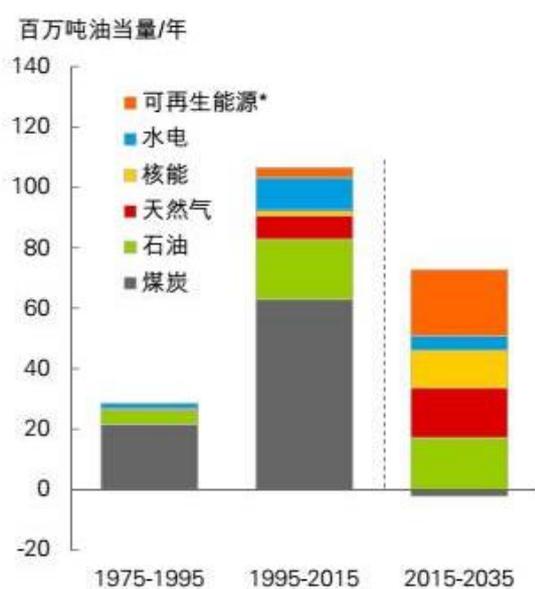
◆需求增速的放缓部分反映了经济增长放缓：展望期间，GDP 年均增长率预计接近 5%，约为 2000 年以来年均增速的一半。

◆需求增速放缓也反映了能源强度持续显著下降，这得益于中国经济活动逐渐从能源密集型工业转向更加节能的消费和服务活动，以及政策驱动能效进一步提高。

◆展望期间，中国能源强度年均下降 3%，远快于预期的全球平均水平，到 2035 年将向美国水平靠拢。

中国也在转向低碳能源结构

分燃料种类一次能源需求增长



\*包括生物燃料

一次能源占比



◆中国的能源结构也有可能在未来 20 年显著变化，由其变化的经济结构和向低碳清洁能源转型的政策决心所推动。

◆特别地，虽然煤炭在过去 40 年提供了近三分之二的中国新增能源需求，但中国的煤炭消费量预计将在展望期间保持平稳。煤炭在中国能源需求中的份额将从 2015 年的大约三分之二降至 2035 年的不到 45%。

◆大部分减少的煤炭份额被可再生能源、核能和水电替代，它们在展望期内供应了中国一半以上的新增能源需求。这些燃料在中国能源结构中的总占比将从 2015 年的 12% 上升到 2035 年的超过 25%。

◆中国天然气消费量也大幅增长，其份额在展望期内几乎翻了一番、到 2035 年将达 11%。

对之前预测的修正

2035 年能源需求下调

相对于 2016 年的展望，2035 年的能源需求下调了近 1% (-1.5 亿吨油当量)。这和去年的调整幅度相似，但相对于历史调整幅度较大。需求下调反映了当前经济前景不佳，2035 年 GDP 预计将比一年前的预测下降 2%。

### 相比之前展望的2035年能源需求变化



#### ①能源结构进一步转向可再生能源

◆对煤炭的下调幅度最大 (-6%,-2.4 亿吨油当量)，越来越多的证据表明中国经济增长的再平衡以及日渐严格的气候和环境政策可能导致中国煤炭消费在展望期间趋于平稳。

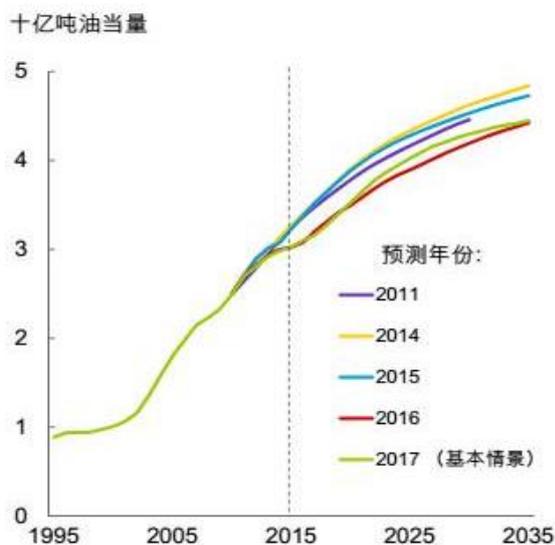
◆可再生能源上调了 15%(2.2 亿吨油当量)，这是最大幅度的百分比调整，主要是由于未来成本下降快于预期。因此，电力部门的煤炭和天然气用量均已下调，而到 2035 年天然气总消费量下调 2.5%(-1.1 亿吨油当量)。

◆非化石燃料相对于化石能源占比的上调导致预期能源结构的碳强度改善，使得到 2035 年碳排放水平下调相当可观（相较假设情境下调 3.7%，14 亿吨二氧化碳）。

#### 中国能源需求下调

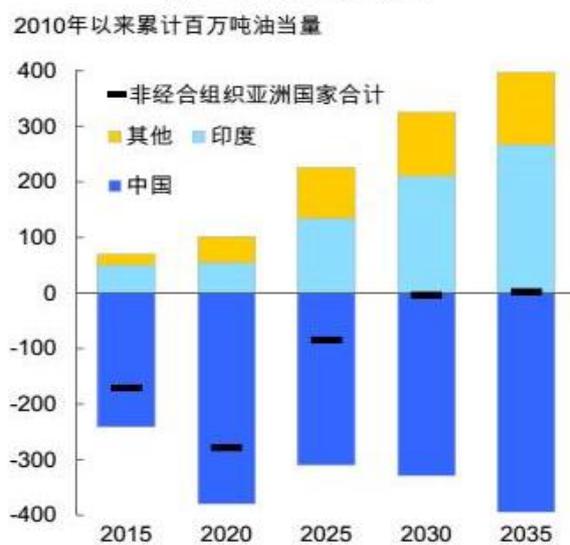
中国未来能源需求在过去三年被大幅下调：现在对中国 2035 年能源消费的展望比我们 2014 年的预测低了 8%（4 亿吨油当量）。

#### 中国一次能源预测



注：每年展望的预测增长率使用2010年的最新数据

#### 非经合组织亚洲国家的一次能源：调整 vs. 2014年展望



◆该变化的约一半反映了近年来低于预期的能源消费量，经济增长放缓的速度快于预期，且能源强度下降更加急剧。另一半则反映了经济增长前景更加黯淡，特别是在展望期内的下半段。

◆尽管中国能源消费大幅下调，但2035年亚洲经济体整体能源需求预期基本保持不变：印度和其他新兴亚洲经济体的能源消费上调抵消了中国需求的下降。

◆对中国以外亚洲经济体能源需求的上调反映了对经济增长更乐观的看法，部分反映了随着中国经济的成熟和再平衡，一些行业将迁移到更便宜、更低收入的亚洲经济体，如印度、印度尼西亚或越南。

天然气需求增长可能会更慢

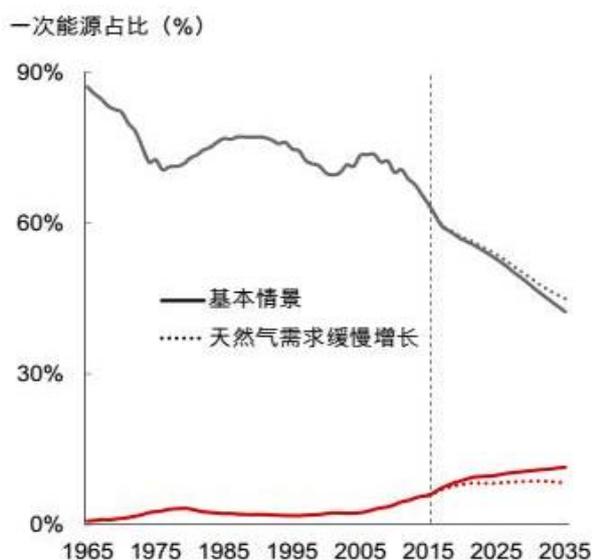
各燃料消费增长



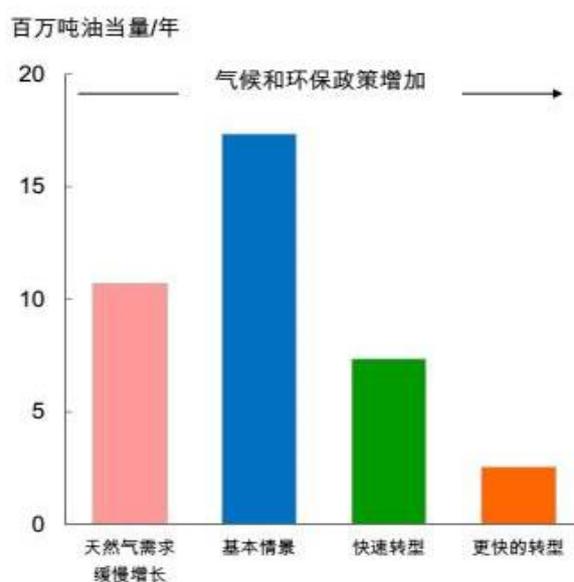
全球一次能源占比



中国一次能源占比



2015-2035年全球天然气增长



这种备选情景假定气候和环境政策收紧程度低于基本情景。特别是旨在促进从煤炭向天然气转移的一系列监管政策显著减弱，且没有来自碳定价的有效支持。这相当于假设天然气对煤炭的相对价格比在基本情景中增加了约50%。

◆在中国（相对于基本情景下占全球天然气需求减少的三分之一），煤炭在总能源中的占比仍然下降，但降速更慢。中国天然气消费受影响更为显著，天然气在中国能源结构中的占比仅略微增加，而非基本情景下的占比几乎翻一番。

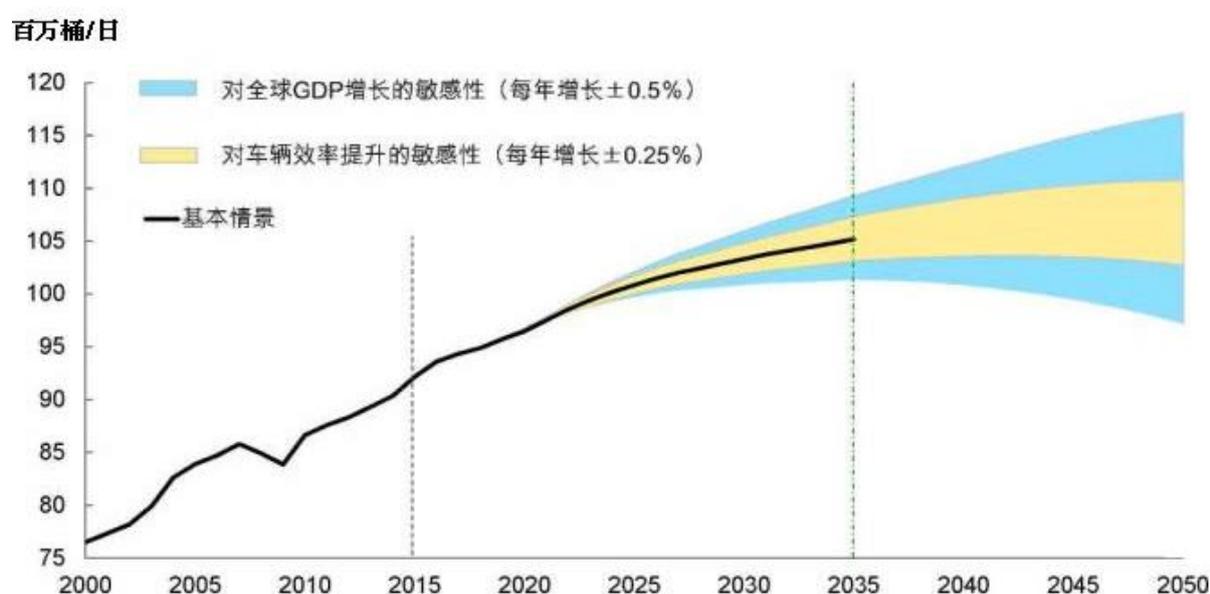
◆天然气需求缓慢增长情景以及快速转型情景表明，基本情景中预期的强劲天然气需求可能受到关于未来气候和环境政策强度等不同假设的挑战，而更强或更弱的政策假设都会带来潜在威胁。

2035年后什么情况？

全球石油需求何时达到峰值？

石油需求可能在 21 世纪 40 年代中期开始下降。但它达到峰值的时间也可能更快或更慢。这取决于 GDP 增长、效率趋势和气候政策。

不同假设下石油需求的路径



◆例如，如果全球 GDP 增长比简单外推的结果更强劲，或者车辆效率提高慢于预期，可行的情景假设则表明石油需求可能在本世纪下半叶才开始下降。

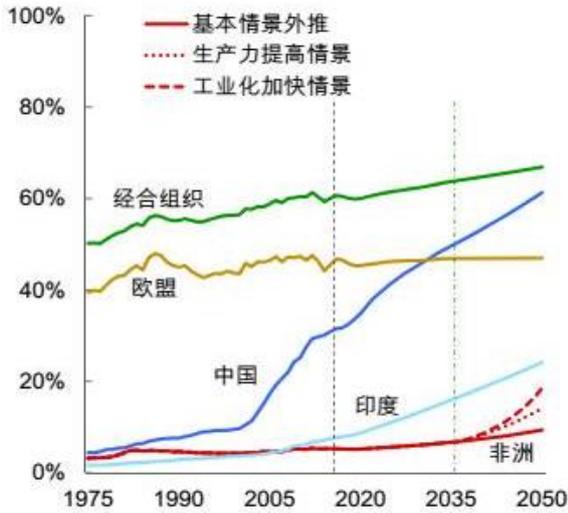
◆相比之下，如果 GDP 增速低于过往趋势所指，燃料效率提高更快，替代燃料车辆的使用更多，或气候政策更严格，则石油需求可能更早开始下降。在“快速转型”和“更快的转型”两种情景下，到 2035 年的石油需求都在下降。

◆虽然石油需求达到峰值对一个逐步远离石油的世界是标志性的，它也只标志着第一个下降点。在未来几十年，石油很可能仍将是全球能源消费的重要来源。

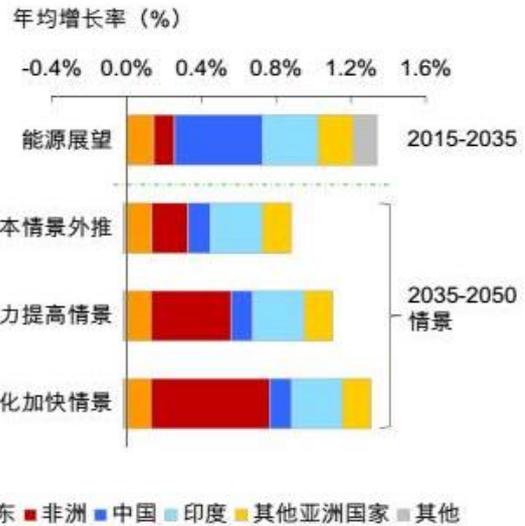
非洲在推动全球能源需求中的角色

非洲经济发展的程度和性质可能在决定 2035 年后全球能源增长上发挥决定性作用。

人均能源需求（与美国人均能源需求的比例）



各地区一次能源增长



◆随着中国和印度增长的减弱，能源需求增长预期将在展望期末放缓。简单外推表明全球能源需求的增长速度可能在 2035-2050 年间降至年均 0.9%左右，相比之下展望期内为 1.3%而 2000-2015 年间则为 2.3%。

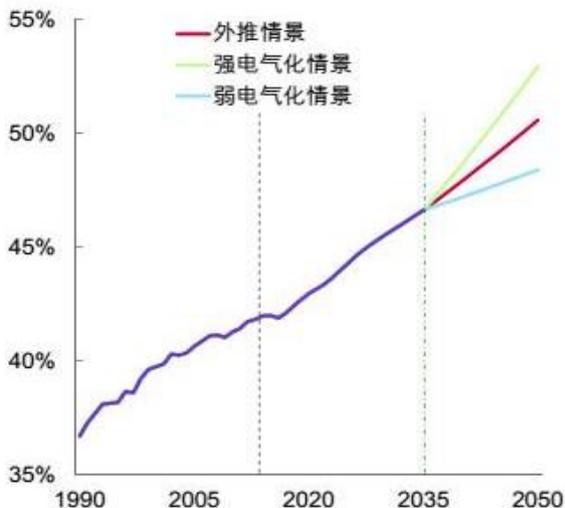
◆但这种外推情景只假定了非洲保持其相对缓慢的增长，且生产力发展与最佳实践间差距巨大。虽然到 2050 年世界人口的四分之一生活在非洲，但它占全球 GDP 和能源需求的比例不到 10%。如果非洲的经济和能源需求增长更快，将会如何？

◆如果非洲生产力发展与过去十年的印度相当（生产力提高情景），这将带来非洲乃至全世界能源需求更快增长。如果这些生产力提高伴随着工业化程度上升，以及与中国 本世纪初类似的能源强度上升（工业化加快情景），2035 年之后的能源需求增长也许不会慢于展望期间的预计速度。

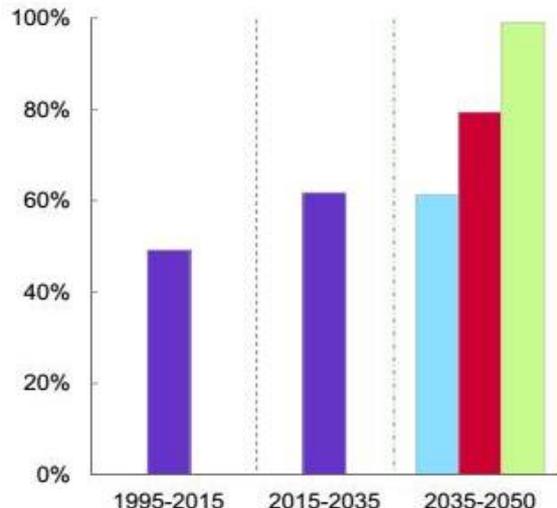
#### 电力部门能源消费占比益增

在展望中，GDP 增长和电力需求之间的相关性相对于过去而言有所下降。假设这种较弱的关系持续到 2035 年之后，简单外推显示着电力需求贡献占 2035-2050 年间新增一次能源的 80%。

电力在一次能源消费中占比



电力部门对一次能源需求增长的贡献



◆强电气化情景：如果电气化速度快于预期，使经济增长与电力需求之间的关系接近其近期历史平均水平，则电力需求增量将贡献 2035-2050 年期间一次能源增量的全部。

◆弱电气化情景：如果石油和天然气供应充足且新兴市场更快工业化，电气化进程将减慢（类似于过去 10 年的情况）。这种情景下，电力对 2035 年后一次能源增长的贡献可能会与其在展望里的份额相近。

卢奇秀 于欢 中国能源报 2017-03-31

## 欧盟可再生能源被指停滞不前

欧盟一直以来都以可再生能源发展为傲。但最近非政府组织“能源观察集团”（Energy Watch Group）发布数据，认为欧盟尤其是德国的可再生能源发展实际上已经处在停滞甚至是倒退的窘境。

能源观察集团是一个创立于 2006 年的全球可再生能源研发和政策网络组织，创始人和现任主席是来自德国的前议员汉斯 - 约瑟夫·费尔（Hans-Josef Fell）。2000 年，费尔曾主持起草了德国《可再生能源法案》。3 月 20 日发表在欧盟动态（Euractiv）上的题为《德国能源革命的真实景象》的文章中，费尔指出，全世界都认为欧盟是可再生能源的领先者，德国更是能源转型的成功范例。但实际上，欧盟近几年来除了风能外，其他可再生能源的发展都在退步。和 2012 年相比，现在欧盟和德国的年度可再生能源投资水平下降了一半。水电、地热能和生物能源投资直线跌落。2012-2016 年，德国太阳能光伏新装机容量从 7.5 吉瓦降至 1.5 吉瓦，远低于政府设定的每年 2.5 吉瓦的目标。一大批领先的太阳能公司破产或被收购，近 7 万个工作岗位随之消失。风能虽然保持了扩张的态势，但力度明显减弱。今年，由于德国政府大幅压低装机目标和招投标制度的实施，新装风电设施将从 2016 年的 5.5 吉瓦下降到 2.8 吉瓦。文章提到，在欧盟可再生能源退步的同时，其他国家已经追赶上来。美洲一些国家，如尼加拉瓜、哥斯达黎加、乌拉圭等，即将达到 100% 的可再生能源供应。美国、印度、摩洛哥和中国的可再生能源扩张率明显高于德国和欧盟。

由于欧盟民众对可再生能源有着广泛的认同度，已经形成了很好的社会基础，文章呼吁欧盟及其有关成员国政府改变以往的不当举措，推动可再生能源重新回到快速发展的轨道上来。具体建议包括，对于太阳能、生物能源和风力发电小于 18 兆瓦的能源合作体不再实行招投标，激励民间资本进入可再生能源领域；对入网的可再生能源实行差异化价格，确保可再生能源的投资效益；取消对化石能源的补贴，加速全社会能源转型。

外交部 2017-03-31

## 高纪凡博鳌建言“一带一路”：将低碳发展的“中国方案”在全球落地

3 月 23 日至 26 日，博鳌亚洲论坛 2017 年年会在海南博鳌举行，天合光能董事长兼首席执行官高纪凡应邀参会。24 日下午，高纪凡出席“一带一路”政商对话和能源资源领袖圆桌会议并发言。

高纪凡在发言中表示，一带一路是全球协同的共创、共享、共赢战略，在当前的能源大变革时代下，应该将中国的低碳变革方案在全球落地，助力一带一路国家实现能源利用体系建设的跨越式发展。

“一带一路”是“丝绸之路经济带”和“21 世纪海上丝绸之路”的简称，是中国国家领导人提出的战略性构想。中国政府通过积极发展与沿线国家的经济合作伙伴关系，共同打造政治互信、经济融合、文化包容的利益共同体、命运共同体和责任共同体。

四年来，“一带一路”建设硕果累累，已经有 60 多个国家明确表示支持和积极参与“一带一路”建设。2016 年，我国对“一带一路”沿线 53 个国家直接投资 145.3 亿美元，占同期总额的 8.5%。

高纪凡认为，“一带一路”国家建设中，基础设施、交通和能源三样东西最为关键。当前，随着太阳能发电成本的大幅下降，整个能源行业处在大变革时代，以可再生能源为主体、以智慧能源网

络为平台的新能源体系正在形成，“一带一路”国家要实现跨越式发展，不要再构建以煤、石油等化石能源为主体的旧能源体系。

“目前在全球范围内，淘汰传统的火电、核电都非常痛苦，新能源要发展但传统能源不愿意让位。然而低碳发展是一个时代的基本方向，是不可逆转的，中国正在大规模推进低碳变革，中国的太阳能、风能产业已经成为了全球领头羊。”高纪凡表示。

高纪凡建议，将中国的低碳变革方案在“一带一路”国家去推广，变成全球落地的“中国方案”。例如，中国现在推进的光伏扶贫模式，可以在一带一路欠发达的无电力区推广，不仅能增加当地的电力供应，还能够带来脱贫致富，是一举两得的好事情。

在中国的低碳变革中，天合光能走在行业前列。天合光能光伏科学与技术国家重点实验室研发的太阳能电池光电转换效率高达 22.61%，累计 15 次打破世界纪录。天合光能中标了山西阳泉等多个领跑者项目，并为大量的光伏扶贫电站供应了高质量光伏组件。

2017-03-27

## 热能、动力工程

### 电力转型发展是能源革命的关键

进入新世纪以来，一场能源革命的浪潮在世界范围掀起。这场能源革命的目标是实现从高碳能源向低碳能源转型，在满足不断增长的能源需求、保障能源供给的同时，解决好人类面临的环境污染、气候变化等问题。电力作为一种由一次能源转化而来的二次能源，具有便捷、清洁等特征，成为应用最为广泛的能源。但是，电力生产消耗了大量的化石能源和水资源，排放了大量的粉尘、二氧化硫、氮氧化物等大气污染物。因此，如何实现电力的转型与绿色发展，就成为当今能源革命的关键。

我国是世界电力生产和消费大国，发电装机与发电量稳居世界第一位。作为一个以煤炭为基础能源的国家，2015 年我国煤炭消费量为 39.65 亿吨，占世界煤炭总消费量的 50%。其中，发电用煤 18.39 亿吨，占我国煤炭总消费量的 46.4%。多年以来，我国电力工业通过技术升级推进燃煤发电节能减排，取得了明显成效。同时，我国新能源发电发展迅速，并网风电、太阳能发电装机在 2015 年底均居世界第一位。但也要认识到，实现电力转型发展是一个十分艰巨的过程。随着风能、太阳能发电比例的上升，出现了传统电力系统不适应大规模具有间歇性、波动性的新能源电力接入等问题，新能源电力难以有效消纳，电力系统安全稳定运行风险加大。解决这些问题，需要运用系统思维，把电力系统作为一个整体，构建发电供给侧、电网输配侧、用户消费侧的协同机制，多措并举破除技术和体制机制方面的障碍，推动电力行业转型升级。

在发电供给侧加强电网友好型发电技术研究。新能源电力占比越高，给电力系统带来的影响就越大。实现电力系统供需平衡和安全稳定运行，需要发电供给侧提高响应电网调度的能力和灵活性。一方面，发展电网友好型新能源发电技术，提升功率输出的平稳性和可调度性。另一方面，发挥传统电源特别是火力发电的可调度性优势，平抑新能源电力的波动性与间歇性。未来很长一段时间，我国仍将处于传统化石能源和新能源并存的时代，以煤电为主的电源结构不会有大的改变。燃煤火力发电通过灵活性改造可以进一步提升快速、深度调峰能力，以适应大规模新能源电力消纳需要。另外，可以加大抽水蓄能电站建设力度，发展新型大容量储能技术，规划建设区域性多能源协同利用的虚拟发电厂，实现新能源与传统能源协同利用。发展智能发电技术，提高火电、水电、核电、新能源发电智能化运行控制水平。

在电网输配侧加强电网基础设施建设，优化电网结构，增强资源配置能力。我国能源中心与负荷中心呈现明显逆向分布，需要在统筹送、受端需求、结构、能力的基础上，加大特高压输电通道

建设,提高电网输送能力。还应进一步探索大电网之间的柔性互联,加强区域内省间电网互济能力,提高电网运行效率,确保电力系统安全稳定运行和电力可靠供应。同时,着力推动装备提升与科技创新,全面提高电力系统智能化水平,实现能源生产和消费综合调配,提高电网接纳和优化配置多种能源的能力;构建“互联网+”电力运营模式,全面推广智能调度控制系统,开展智能电网支撑智慧城市创新示范区建设。

在用户消费侧努力实现电网友好型智能用电。电力系统中存在大量可与电网友好合作的可调整负荷(如制冷、供热等)和可平移负荷(如洗衣机、消毒柜等),目前这些资源还没有得到充分利用。如果将这部分可平移负荷最大限度地平移到电网用电低谷,就可以大大降低用电高峰压力和电网安全运行风险,消纳更多新能源电力。同时,应不断提高电能在终端能源消费中的比重,减少化石能源直接消费的比重(如减少散煤燃烧、燃油汽车等),努力形成绿色产能、绿色用能的能源生产、供给和消费格局。

(作者为华北电力大学教授、中国工程院院士)

刘吉臻 人民日报 2017-03-27

## 光伏+储能:提高电网可靠性 减少用户侧投资

“储能的商业模式主要围绕一个基本点和两个增长点,一个基本点是储能本身的功能决定其经济来源。两个增长点,一个是做加法,另一个是做减法。做加法表现为提升电网整体的供电可靠性,安全性、用电负荷率,实现需求侧响应。减法则对于用户而言,减少电网容量、无功补偿装置、紧急备电装置的投资,以及减少在紧急情况下出现停电停工的情况。”3月24日,江苏双登集团有限公司(简称“双登”)发言代表在2017中国“光伏+储能”技术融合创新应用大会上表示。当天的会上,与会专家就“光伏+储能”的商业模式和技术发展等问题进行了探讨。

### 不同场景储能作用不同

“目前储能市场非常火热,但是储能商业化进程仍较为缓慢。近年来,可再生能源比例不断提高,国家电改以及配套文件出台等,为储能市场带来了前所未有的机遇。

但是储能的商业模式仍处于初期发展阶段,还有待于算好储能的经济账、长远账。”浙江南都电源动力股份有限公司副总工程师谭建国表示。

据他介绍,储能如果要做商业化应用,安全性、经济性、循环寿命和效率、规模化程度等都是重要指标,从2010年到2015年储能项目的示范情况看,储能的安全性已经取得了很大的进展。经济性方面,铅碳储能系统目前优势比较明显。在规模化应用方面,目前储能电站基本都是兆瓦级以上的规模。

在不同的应用场景,对储能电池的经济性、循环寿命和效率、规模等要求也不同。以可再生能源发电这样的场景为例,电池的主要功能表现为波动平抑等方面,在张北风光储项目中,储能以集装箱形式或平地安装形式作为与光伏相配套的整体调控系统。

从调频角度看,储能主要参与一次调频和二次调频的作用较大,用储能来提升整体系统的稳定性和对电能质量的控制。

用户侧储能主要用在用户端和与园区相匹配的系统。储能的功能主要是削峰填谷,以及电费管理。同时与分布式光伏相结合,可以独立形成微网,通过调节峰值用电,管理用户需量电费。

“因此,要根据不同场景选择储能系统。从储能的投资方式来看,目前可以分为几类,一是用户自建储能系统。用户投资加运营,系统集成商作为EPC总包承担项目建设。二是效益分享,采用合同能源管理模式,按照实际产生的经济效益进行利益共享。三是租赁模式,投资建设后租赁出售。四是金融债券模式,将储能电站资产证券化。”双登发言代表表示。

### 储能经济性仍有待提高

目前储能本身的经济性也有待进一步提高。“储能目前有多种技术路线,介质也不尽相同,如液

流、钠硫、铅碳电池等。如果储能要实现电网平价，储能的成本要降到 300 美金/千瓦时(约合人民币 2500~3000 元/千瓦时)，储能可以实现在没有补贴的情况下，进行商业化推广。目前市场上储能的成本体系还在 3500 元/千瓦时左右。液流和钠硫电池的成本可能还要偏高。铅碳电池的成本在 1800 元/千瓦时，具备商业化价值。”谭建国表示。

近年来，由于缺乏经济性和商业模式，储能一直在踌躇不前，对于储能企业发展而言非常困难。目前的市场环境下，一方面，储能依然缺少盈利模式。另一方面，我国现阶段没有为储能产业化量身定制的政策体系和价格机制，尤其是针对电力储能，基本没有实施细则的政策，参与电力市场的机制不健全，绝大部分储能项目因为成本高不具备盈利性，也缺乏可预期的收益以吸引资本跟进。

针对这一问题，中国机械工业联合会项目负责人蒋晓健表示：“目前，集中式电站越来越少，分布式电站越来越多，交易成本高。在这种情况下，亟待改变碎片化市场，同质化竞争严重的现状。需要通过市场和政策的驱动力，改善这些问题。一方面涉及经济性的改善。另一方面是政策驱动力，储能目前尚需政策扶持，实际上很多政策出台之前都先要有商业模式和工作，先行先试，然后判断其经济性和战略性，最后才是制定政策。”

“相信有了政策扶持，未来储能的价值远远超过保持电网可靠运行，平抑电网波动等价值。首先储能一定是多样的，在‘互联网+’智慧能源的框架下，储能不再局限于电力存储技术，储氢、储热、天然气存储等都将纳入进来。其次要运用好时间和空间的差异，包括发电、负荷的差异性，区域之间的多能互补，资源共享，最终使能源利用效率、资产效率提高，才能实现储能经济性的最大化。”国网北京电力公司科信部副主任黄仁乐表示。

中国电力报 2017-03-30

## 让更多天然气插上翅膀“飞入寻常百姓家”

天然气是最清洁的化石燃料，相比煤炭和石油等，具有无粉尘、近零二氧化硫、二氧化碳较低排放等突出优点，一直被看作是化石能源界的“美女”，低碳转型发展的“清流”，深受广大能源消费者的喜欢。各级政府也格外重视天然气利用，都认为大力发展天然气是我国加快建设清洁低碳、安全高效现代能源体系的必由之路，对化解环境约束、改善大气质量具有重要意义。

新疆、内蒙古、陕西和四川等省（区）都将提高天然气消费比重，辽宁、湖南和吉林等省更是明确要实施“全省气化”计划，湖北、江西等省则要求实现天然气使用县市全覆盖，西藏自治区也宣布要推进格尔木至拉萨输气管线建设。

在各地大力推进天然气发展中，我国天然气消费进入快速增长期，全国天然气表观消费量由 2000 年的 235 亿立方米迅速增至 2013 年的 1692 亿立方米，年均增速 16.4%，部分年份增速高达 30% 以上，远高于世界同期 2.7% 的增速。因为消费增速太快，部分地区甚至出现天然气供不应求情况。

2013 年前，诸如某地出现“气荒”，天然气出租车排队长一等几小时等报道频频见诸报端。从国外天然气消费需求增长经验来看，这种快速增长期一般都要持续 25 至 30 年左右，按剧情设置，接下来我国天然气发展就该进入“黄金时期”，天然气消费量就该进入持续井喷。但事情往往是猜到了开头，却没有猜中结局，在喜大普奔的气氛中，天然气消费市场画风突变，剧情出现了反转。

2014 年我国天然气消费增速降至 8.6%，2015 年再次大幅下降至 3.3%，在大幅降价加寒冬天气的帮忙下，2016 年天然气消费增速勉强回升至 8.0%，依然不及高速增长期平均速度的一半，我国天然气在快速发展初期阶段就遭遇“倒春寒”。

画风突变为哪般

天然气消费需求增速下降是因为我们气源不足、供应不足吗？非也。其实近年来，国内天然气资源供应稳步增加，2016 年国产天然气已达 1369 亿立方米，境外进口量更是快速攀升，达到 719 亿立方米。除了供暖季供应略有紧张外，天然气市场供应明显宽松，甚至出现天然气“难卖”的情况。笔者认为，在市场供应宽松条件下，天然气“难卖”，消费增速放缓的主要原因有二。

### （一）想用用不起

客观地讲，在我国，天然气有些生不逢时。我国煤炭资源丰富，获取较为便捷，如不考虑环保因素，在能源生产生活链条中，煤炭属于物美价廉型的代表，基本可当作“烧火丫鬟”使用。相比煤炭，天然气就是娇贵的“富家小姐”，北京、河北、江苏、浙江和广东等地工业气价分别为每立方米3.04元、3.02元、3.80元、3.86元和4.36元。按同等热值计算，气价是煤价的4倍以上。所以，燃气机组上网电价要高于燃煤发电机组50%以上，燃气电厂发电设备利用小时稍有不如意，发电企业就会进入亏损状态；

以天然气为原料的化工企业，目前部分勉强维持生产，部分在逐步退出用气市场；将天然气用作工业锅炉和窑炉燃料的建筑和冶炼行业，虽然是实施“煤改气”政策的重点行业，但是由于使用天然气后企业生产成本将翻倍，极大挫伤了“煤改气”的积极性，即使实施禁煤，部分企业也宁可选择比天然气便宜的粉煤制气和水煤气净化。偏高的气价，让用户想说“爱你并不容易”。

在我国，造成天然气与煤炭竞争中处于下风的根本原因是经济性差，而根源在于天然气管输费用过高。

每立方米天然气，从产出到用户手里，中间需要经过几千公里的长途运输，再经过省网管道的输送，最后还要通过城市燃气管网的配送才能到终端用户手里。以中亚进口管道气为例，到岸完税均价为1.3元/立方米，由新疆霍尔果斯送到广东大约5000公里，长输管道运费约0.9元/立方米，相当于每千公里约0.18元/立方米，送到广东的门站价是2.18元/立方米。从门站再经过百公里左右的广东省网，最后经过城市燃气公司送到终端用户手里，工业用气价格已经翻了一番，高达4.36元/立方米。在终端工业气价中，管输费用占70%，其中省内管网费用约占50%，毫无疑问，天然气的主要成本产生在输配环节，特别是地方的输配环节。

### （二）想用用不上

造成天然气消费增速放缓的另一原因是储输设施没有跟上需求增长步伐，截至2015年底，中国天然气干线总里程只有6.4万公里，而美国同期天然气洲际管道总里程约为38.5万公里，差距巨大。受产地和进口地限制，国内天然气长输管线总体由西北、西南向东部、东南部输送，主干线布局较为集中，导致有一部分省区至今没有大的主干线经过，如湖南、西藏；另一部分省区则只有省会等个别城市有主干线经过，如贵州、云南、黑龙江、吉林、内蒙古等省区，管线只经过主要城市，开口较少，造成这些省份天然气供应能力先天不足。

除了部分省份缺少天然气主干道外，配气管网建设滞后。由于天然气主干道没有到达每个地市，很多城市配套输气基础设施较差，配气管网建设比较滞后。与美国天然气管道相比，管道覆盖率落后较多，美国天然气管网已经普及到各类城市和主要城镇，且管道管理网络化、气源供应多元化，基础设施非常完善。而我国较多地区，特别是长江经济带和华南地区，地市配气管网建设力度不够，天然气支线和配送到用户的供气网络缺失，天然气“最后一公里”问题非常突出，最终到达用户的很多环节存在障碍，使得诸多潜在天然气用户只能“望气兴叹”。

储气设施少，调峰能力弱是导致天然气用户“想用却又不想用”的另一因素。国内储气设施建设起步较晚，截至2015年底，全国地下储气库18个，工作气量只有55亿立方米，LNG储罐罐容500万立方米，储气库工作气量仅占全部消费量的3%左右，远低于15%的国际同行指标。目前，北京等地冬季天然气消费峰谷差高达16:1，天然气储气调峰能力不足，造成北京近年天然气淡季卖不动、旺季又紧张的态势反复上演，部分企业被迫成为“可中断用户”，严重影响用户使用天然气的信心。

#### 解铃还须系铃人

《能源发展“十三五”规划》（以下简称《规划》）提出2020年天然气消费比重力争达到10%，预计未来4年天然气消费年均增量要达到400亿立方米，而历史上最好的年增量才达到250亿立方米左右，任务艰巨。解铃还须系铃人，为完成2020年天然气发展预期目标，还需从经济性和基础设施建设两方面消除羁绊，让更多天然气插上翅膀“飞入寻常百姓家”。

### （一）降低管输费用是关键

针对输配环节过多、费用过高、最终用户没有获得实惠的问题，《规划》要求“严格监管和规范油气输配环节政府定价”。国家发改委去年出台了《关于加强地方天然气输配价格监管降低企业用气成本的通知》，要求各地政府梳理天然气各环节价格、整顿输配气价格。浙江、江西等地的省内输配价格都有所调整，但降幅仍不解渴。今年相关部门将全面启动管道运输企业定价成本监审工作，降低地方管网管输费用的工作若无实质性进展，我国天然气消费规模扩大就将大打折扣，而这是提高天然气经济性的关键环节。

### （二）低价现货要来帮忙

现货 LNG 价格在用气淡季如夏季大幅低于长协价格，而用气淡季恰好又是许多地区的用电旺季，在夏季完全可以多用低价气发高价电。但问题在于，部分公司之前签订了不少高价长协合同，本就不好消化，再大量进口现货就更难消化。笔者认为，最好的办法是做大市场蛋糕，而做大蛋糕归根结底还是要降成本。

进口低价现货气一方面可以做大市场，另一方面还可以提高现有 LNG 接收站的利用效率，增加租赁收入，逐步形成良性循环，这样对各方都有利。据笔者粗略计算，如果每年进口 50 亿方低价现货 LNG，节省的成本和增加的租赁收入至少可达到 20 多亿元。《规划》要求 LNG 相关设施要做好第三方准入，就是要把这扣解开，盘活市场。

### （三）配套措施要跟上

按《规划》，2020 年地下储气库工作气量要达到 148 亿立方米，约占届时全部消费量的 4% 以上，调峰能力虽有提高，但依然十分有限，单纯依靠储气库建设难以满足全部调峰需要，需求端参与调峰必不可少。因此，《规划》除了鼓励多种主体参与储气能力建设外，还采取峰谷气价、可中断用户等多种调峰手段，激励各类用户积极参与调峰，有关政策也在推进储气服务价格的市场化。

此外，《规划》提出，推进和优化支线等区域管道建设，打通天然气利用“最后一公里”，实现全国主干管网及区域管网互联互通，就是为了加强管输基础设施建设，高效利用已有管道设施，提升天然气供应能力，满足潜在用户需求。

#### 重点领域拓展需加强

我国天然气主要利用领域是民用、发电、工业和交通，为拓展天然气消费市场，还需在上述重点领域深耕不辍。

#### （一）应优先推广交通用气

在天然气利用领域中最易推广的是交通用气，环境友好且经济性相对突出，如车用 CNG（压缩天然气）价格不到普通汽油的 70%，具备进一步推广条件。相关交通规划提出，2020 年气化各类车辆约 1000 万辆，配套建设加气站超过 1.2 万座，船用加注站超过 200 座。按此规划，车用天然气消费量将在目前基础上翻一番，增加 250 亿立方米左右。

为加快天然气在交通领域的利用，国家能源局还出台《关于加快推进天然气利用的意见》（征求意见稿），提出参照新能源汽车支持政策，给予天然气汽车购置补贴、燃料补贴等补贴政策，若此政策顺利实施，天然气在交通领域有望迎来发展新机遇。

#### （二）替代散煤最具推广价值

在天然气所有利用环节中，最有推广价值、发展空间最大的领域是散煤替代。目前全国散煤消费量约 7 亿吨，即使一半用天然气替代，也要消耗天然气约 2000 亿立方米，相当于目前全部的天然气消费量。散煤主要集中在农村居民生活和工业小锅炉等领域，受基础设施不足限制，农村居民生活用煤替代宜气则气，宜电则电。工业小锅炉的散煤替代主要取决于经济性，由于燃料成本约占全部成本的 85% 以上，天然气价格水平直接决定替代效果。

因此，除努力降低成本外还应多措并举，如对落后燃煤锅炉的淘汰和“煤改气”进行补贴，同时对污染行为加大处罚力度，扩大城市高污染燃料禁燃区范围等。

#### （三）推广发电用气要找准方向

燃气发电在我国发电装机结构中仅占 4%，而美欧等发达国家普遍达到 30%左右。国内天然气发电成本是煤电的两倍，在低成本煤电及快速发展的新能源和可再生能源的激烈竞争下，气电要像其他国家那样成为天然气发展的主要推动力较为困难，但气电效率高，其较强的调峰能力可以为可再生能源的更大规模利用创造更好的条件，尤其可在可再生能源由集中发展向分布式利用转型的过程中发挥突出作用。

《规划》指出了提高天然气发电利用比重的方向，即鼓励发展天然气分布式多联供项目，支持发展燃气调峰电站，结合热负荷需求适度发展燃气热电联产项目。

#### （四）体制机制需继续完善

《规划》提出，有序放开油气勘探开发、进出口及下游环节竞争性业务，研究推动网运分离，实现管网、接收站等基础设施公平开放接入等政策措施。笔者认为，通过上游的开放搞活，可提高国内天然气产量，通过推进天然气基础设施向第三方市场主体开放，可更好地连接上游开发和下游市场，通过放开竞争性环节，可加速我国天然气市场化进程，这些措施都可起到降低天然气利用成本的效果。另外，在成本的透明化方面，具有自然垄断性质的管输部门将成本公开，或可消除一些不必要的成本。

#### 结束语

虽然天然气消费市场面临成长的烦恼，发展不如预期，但是《规划》已提出将天然气培育成主体能源之一，只要全社会形成共识，按照习近平总书记强调的，坚持问题导向，有什么体制障碍就改什么。找好找准突破口，看准了，撸起袖子就干，天然气在我国仍具有可观的发展潜力。

杜伟 李瑞忠 付兆辉 中国能源报 2017-03-21

## “应对气候变化战略研究和碳市场能力建设青岛中心”落户青科大

3月29日上午，“应对气候变化战略研究和碳市场能力建设青岛中心”揭牌仪式在青岛科技大学崂山校区举行。国家应对气候变化战略研究和国际合作中心副主任马爱民、研究员于胜民、副研究员李彦、肖羽，国家发改委中国经贸导刊副社长朱东方、主任吴家民，国家宏观经济管理编辑部处长张松峰，青岛市节能办主任王震、青岛市高新区科技创新局副局长李德强、青岛市发改委节能办处长林群，青岛科技大学副校长张淑华、韦殿华及国家气候战略中心相关人员、青岛各市区发改局相关部门负责人、青岛市重点企业相关部门负责人、青岛科技大学相关部门、学院负责人等出席揭牌仪式。仪式上，马爱民与张淑华代表双方签署框架协议，并为“应对气候变化战略研究和碳市场能力建设青岛中心”揭牌。于胜民与青岛科技大学机电学院院长何燕代表双方签署碳市场能力建设合作项目合作协议。马爱民、王震、张淑华、韦殿华、何燕共同按下项目启动球，正式开启“应对气候变化战略研究和碳市场建设青岛中心”。

仪式上，马爱民发表讲话。他说，建立碳排放权交易市场，是中国政府落实低碳发展战略的重要举措，是在借鉴国际经验的基础上，探索利用市场化手段解决气候变化问题的重要实践。2015年，国务院先后发布了《关于加快推进生态文明建设的意见》和《生态文明体制改革总体方案》，提出到2020年单位国内生产总值二氧化碳排放强度比2005年下降60%-65%，表明了我国加强生态文明建设和推动全国碳市场的决心。碳排放权交易市场2017年即将启动，“应对气候变化战略研究和碳市场建设青岛中心”作为青岛科技大学下属研究中心，未来一定可以为地方低碳绿色发展提供理论支撑和技术支持。青岛中心的建立恰逢其时，可以立足青岛、辐射山东及环渤海地区，助推全国碳交易市场启动工作。

王震在讲话中指出，青岛是山东省经济中心城市，也是中国东部沿海中心城市和国家低碳试点城市。青岛市委市政府高度重视绿色循环低碳发展，通过优化经济结构、强化重点领域节能减排、推行低碳城镇企业园区建设、优化能源结构等举措，全市低碳发展工作取得了新的成效，2016年全市单位GDP能耗由2011年的0.43吨标准煤/万元下降到0.31吨标准煤/万元，全市清洁能源供热面

积突破 3500 万平方米，市区因供热燃煤减少导致的 PM2.5 浓度同比下降 10.4%，“十二五”期间万元 GDP 碳排放累计下降 25%，超额完成国家低碳城市试点阶段性目标。“应对气候变化战略研究和碳市场能力建设青岛中心”在国家应对气候变化战略研究和国际合作中心的指导下，除承担完成国内部分地区的气候变化战略研究任务外，还将为青岛市各方面开展全市重点领域、行业和企业层面低碳发展战略和对策研究，支持全市做好企业碳交易核算、核查、碳资产管理和绿色金融等方面的能力建设，最终发展成业务范围覆盖国内部分区域、具有鲜明地方和行业特色的低碳研究和能力建设中心。

张淑华代表学校致辞。她说，青岛科技大学高度重视气候变化和绿色低碳发展研究，依托“动力工程及工程热物理”一级学科博士点、博士后流动站，积极开展学术交流与研究。自 2003 年起，学校成为“海峡两岸气候变迁与能源永续发展论坛”的发起单位之一，并成为大陆方永久驻地；同时，学校不断加强与国外科学院所的学术交流，先后与十几所欧洲大学建立合作关系，于 2014 年成立青岛科技大学气候变迁与能源可持续发展研究院，由中国工程院原副院长谢克昌院士担任院长，并聘请了十几位院士专家作为研究院顾问，参加了由中国工程院主持的国家重大咨询课题“推动能源生产和消费革命若干重大问题研究”，并承担完成了两个专项。从国外引进的外籍千人专家翟佩斯利教授，目前正与东营市政府就胜利油田 CO<sub>2</sub> 泡沫驱油技术重大项目开展立项论证。“应对气候变化战略研究和碳市场能力建设青岛中心”落户青科大，学校将依托自身学科发展和国家气候战略中心支持的优势，立足青岛、服务山东、辐射整个环渤海经济圈，组建和强化地方性政策研究和碳市场能力建设团队，开展气候变化战略研究、政策标准制定、低碳规划、碳市场建设及交易服务、碳经济学科建设等研究活动，为区域低碳发展提供理论和技术支持，为地方低碳事业发展贡献力量。

据悉，“应对气候变化战略研究和碳市场能力建设青岛中心”（以下简称“青岛中心”），是青岛科技大学为支持地方低碳发展研究和碳市场能力建设成立的二级单位，也是青岛市发展和改革委员会重点支持的低碳科研单位。青岛中心和国家气候战略中心围绕应对气候变化领域拟在“应对气候变化战略研究”“低碳城市发展和交流”“节能减排路径和政策研究”“碳市场能力建设”“国际交流与合作”五个领域开展合作。

青岛中心将充分利用青岛科技大学、青岛市工程咨询院、中科院生物能源与过程研究所、气候变迁与能源可持续发展研究院（青岛）人才优势，进行应对气候变化创新研究，为国家和地方相关政府部门为碳市场框架制度设计提供政策建议，助推地方转型升级低碳发展。

青岛中心还将积极配合国家发展改革委气候司及地方发展改革委，针对行政管理部门、参与企业、第三方核查机构、行业协会等，设计专题内容、组织研修活动，开设国家碳市场建设进展与展望、重点行业碳排放核算与报告指南、第三方核查工作流程与规范、企业碳排放碳资产管理等课程模块，打造专业化、标准化、系统化、精准化的碳交易人才培养体系。

青岛中心依托青岛科技大学节能减排技术服务中心、青岛科技大学清洁生产中心、山东省化工研究院等技术力量，建立符合国家和地方政府要求的碳排放管理体系、能源管理体系，做好能源审计、清洁生产、节能量审核等工作，提高企业对自身碳排放、能源消费的精细化管理水平，更好地应对碳排放量和能源消费量双控制的低碳政策环境。

针对拥有碳资产、开发减排项目及履约压力的企业，青岛中心依托碳资产托管业务，整合碳资产管理相关工作，使企业轻松履约；增加企业碳资产保值及增值的机会；灵活托管模式，使企业业务更专注；降低企业履约成本或增加企业配额盈余；降低碳配额作废、收缴、交易风险。

我国低碳发展与碳市场建设起步较晚，青岛中心将充分利用“共同但有区别”的原则，积极开展国际交流与合作，借鉴发达国家碳市场能力建设的先进经验。借助中德气候变迁与能源可持续发展研究院和海峡两岸气候变迁与能源可持续发展论坛等国际合作交流机构，交流学习欧盟在碳交易机制理论与实践方面的丰富经验。结合全国统一碳市场建设的需求，为提高各省市参与全国统一碳市场的相关能力，项目定期开展针对碳市场参与者的系统培训及国际交流等活动。（李鲲鹏 郑雅鑫）

李鲲鹏 郑雅鑫 中国能源报 2017-03-30

## 北方 2017 年采暖新思路：风能发电+空气能

这个时代是一个讲究节能减排的时代，所以清洁能源设备在多个领域开始了自己的兴盛。就拿采暖来说，前段时间刚结束不久的“两会”，就强调了清洁能源供暖的重要性。由此可见，2017 年，以空气能热泵为代表的清洁能源供暖设备将会得到进一步的推广与普及。

空气能热泵供暖不需要消耗任何的煤炭，零污染物排放。热泵可以从空气中吸收大量的空气能，将空气能进行相应地处理后，产生海量的热水，用于住宅的供暖。空气能不仅属于清洁能源，更是属于可再生能源，可以长期使用，不需要担心其消耗殆尽。但是要驱动空气能热泵运转，还需要电能。

热量来自于空气能，电能用来使空气能热泵运转。这个制热过程是依据物理上的逆卡诺原理而开发的。以北京“煤改电”中频繁使用的纽恩泰“智享全能?超低温采暖热泵”为例，在良好的环境下，空气能热泵的制热能效比最高可以达到 4.0，也就是利用 1kw 的电能，就可以从空气中吸收 4kw 的热能用于生产热水。在同类设备中数一数二的能效，也使得空气能热泵以节能省电而闻名。

但是“煤改电”、“煤改清洁能源”始终是整个北方地区的事。北方地区幅员辽阔，涉及到的住户上百万、甚至千万，如果大家都采用空气能热泵供暖。虽然确实减少了散煤燃烧取暖产生污染物的问题，但是一台设备哪怕用电再少，加起来也是一个巨额的数字。所以要普及空气能热泵供暖，电能的供应必须得跟上。

而目前，一些行业内专家也提出了一种新的方案：风能+空气能。两者都是可再生能源，如果合理利用，的确可以在没有污染的情况下，实现  $1+1 > 2$  的效果。在 2011 年的时候，国家能源局就开始在吉林推动弃风电量供暖试点，经过一段时间的实践，减少了化石能源低效燃烧带来的环境污染。其中吉林白城更是我国首批 7 个千万千瓦风电基地重点建设区域。2016 年年底，白城的风电装机容量达到 303.22 万千瓦，但随之而来的是高达 33% 的弃风率。

而位于遥远的新疆地区的达坂城，也是国家的重点风电供暖项目，新疆首批获批风电清洁供暖示范项目就坐落在达坂城区内。据乌鲁木齐供电公司工作人员介绍，该项目每年能够消纳达坂城风区清洁电力 1.2 亿千瓦时。

由此可见，我国风能发电技术的不断进步，也增加了“空气能+风能”这种为采暖热泵供电的方案的可性。相信在不久的将来，随着多方的共同努力，这样的方案将会真正投入应用，为北方居民的供暖做出巨大贡献。

制冷快报 2017-03-31

## 供暖治霾难两全？试试清洁供暖怎么样

2016 年 12 月 16 日—22 日席卷我国东部的严重雾霾天气，其影响范围之广、持续时间之长近年少有，东北多省相继启动重污染天气三级预警。“厄尔尼诺”现象和“暖冬”影响，冷空气弱、北风少、污染物消散慢，是造成此次雾霾天气的外因，而冬季供暖大量燃煤产生污染物正是重要内因。

以吉林省为例，2015 年，吉林省消费煤炭 9440 万吨，占能源消费总量的 73%，比全国平均消费水平高 8 个百分点；长春市煤炭消费占能源总量的 75%，比全国平均水平高 10 个百分点。燃煤在能源消费结构中比重偏高和散烧煤污染，是导致长春市冬季雾霾天气的主要原因，亟待发展替代燃煤的清洁能源。

散烧煤是指燃煤小锅炉和民用生活取暖灶用煤。国务院参事室特约研究员、国家能源局原副局长吴吟指出，我国每年分散式民用煤炭 3 亿多吨，占煤炭总用量不足 10%，由于没有除尘、脱硫措施，烧 1 吨散煤的大气污染物排放量是等量电煤的 10 倍以上。

截至 2015 年末，吉林省供暖总面积 6.34 亿平方米，除热电联产供暖外，区域锅炉房、小锅炉房供暖面积分别为 3.23 亿平方米和 2018 万平方米。部分区域锅炉房环保设施不完善、不能正常运行，

加之排放不达标的工商业小锅炉和民用煤炉，散烧煤已成为影响北方地区冬季大气环境质量的重要因素，也是当前我国大气污染治理中“棘手”的难题。

随着城镇化、工业化进程加快，县乡镇集中供暖、工商业小锅炉和城市周边居民燃煤量不断增加，特别是随着农村用能多样化，农民烧煤做饭取暖，能源利用效率不足 20%，产生大量有机挥发物和烟尘等污染物，雾霾呈现“农村包围城市”的趋势。

治理雾霾不能“坐而论道”和“坐等靠风”，要以清洁能源替代散烧煤供暖为主攻方向，推进能源供给侧结构性改革，降低燃煤比重，发展清洁能源替代燃煤，这也是国际上治理雾霾的成功经验。

生物质能源、水电、风电和太阳能发电属于低碳清洁能源，天然气属于可清洁燃烧的高碳化石能源。

近年来，我国部分城市推广煤改天然气，长春市也开展天然气供暖试点，供暖面积达到 372 万平方米。但从当前实践看，天然气供暖成本高（约比煤供热高一倍）、冬夏用气量峰谷差大、储气调峰能力弱，除北京外，在北方很难大面积推广。

吉林省累计推广电采暖 62 万千瓦，供暖面积 1120 万平方米，对于促进富余电力消纳具有积极意义。但电供暖锅炉房建设投资大、运行成本高，特别是低压电网供电容量小，增容改造成本高，制约分户式电供暖的推广。

吉林省农林生物质资源丰富，成型燃料供暖面积近千万平方米，供暖面积居国内首位。吉林宏日新能源公司采用生物质成型燃料为一汽动能公司改造 6 台 80 吨锅炉，供暖面积 600 万平方米，是国内最大的生物质成型燃料供暖项目，被德国大众公司评为全球低碳示范项目。2015—2016 年采暖季累计用燃料 6.5 万吨，日均消耗燃料 621 吨，日消耗燃料峰值 1100 吨。一汽动能项目的实施，不仅显示了吉林省可再生能源企业锅炉供暖的成熟技术和燃料保障能力，对于我国生物质供热行业发展具有里程碑式的意义。

因此，要尊重能源发展规律和市场规律，以满足北方百姓供暖、减少雾霾天气为目标，统筹规划、因地制宜、综合施策、对症下药，探索符合北方特点，即以生物质能源为主、电和天然气为辅的清洁能源供暖之路。

#### 一、坚持城乡联动、统筹发展清洁能源供暖。

随着农村燃煤比例逐年增加，北方地区大气重污染天气进入“城乡同霾”阶段，雾霾已经呈现农村包围城市的趋势，治理雾霾必须“城乡并重”、“双管齐下”，仅治理“鸡蛋黄”（城市）、忽略治理“鸡蛋清”（农村），难以奏效。必须坚持城乡统筹规划、多措并举、同步治理，才能收到实效。否则，城镇化后农村大量使用煤，在资源、环境和成本上全社会都难以承受。

#### 二、坚持科学的路径发展清洁能源供暖。

要立足北方地区资源优势、产业基础和经济承受能力，实事求是选择适用的供暖技术路线。

一是解决农村能源必须立足农村资源。沼气、太阳能能量密度小，担不起北方供暖“大任”，唯有帮助农民将做饭取暖的秸秆转化为清洁能源，大力发展秸秆成型燃料用于炊事和取暖，是解决北方农村能源的必由之路。

二是合理布局发展生物质热电联产供暖。鼓励现有生物质直燃电厂改造为热电联产电厂。

三是“煤改天然气”供暖不能“一厢情愿”。根据吉林省供暖试点项目运行数据分析，从成本、供气和储气能力而言，五到十年内北方不具备大范围实施的条件。

四是因地制宜加快推广电供暖，促进风电等富余电力消纳。结合电网改革，特别是结合城市新区开发，规划建设可适应接入千家万户的分户式电供暖低压电网，避免重复增容改造电网，并可减少电锅炉集中供暖管网热损耗。具备条件的地区可发展热泵供暖。

#### 三、加快构建农村清洁能源体系。

吉林省农林生物质资源丰富，2015 年可收集秸秆 3500 万吨，能源化利用不足 10%。要充分利用秸秆资源构建农村清洁能源体系，补齐农村基础设施“短板”，促进农村城镇化建设，并为城市供暖提供清洁能源。秸秆就近转化为清洁能源，既满足农民炊事取暖，又解决秸秆禁烧和利用难题；既

可为城市和县乡镇集中供暖提供清洁能源，也解决秸秆成型燃料销售出路，“一箭多雕”、“事半功倍”。

目前，秸秆成型发热量约 3500 大卡/公斤，2 吨成型燃料可替代 1 吨标煤，其加工技术和锅炉供暖技术已经成熟。今年，吉林省舒兰市、蛟河市开展低碳能源示范乡镇试点，改造了卫生院、学校、办公楼、工商业和居民等 30 个供暖项目，供暖面积 27 万平米，供暖效果好，锅炉排放达标。

吉林省规划到 2020 年开发秸秆成型燃料 300 万吨，折合标煤 150 万吨，减排二氧化碳 390 万吨，减排二氧化硫 4 万吨，除满足 30 万户农户用能外，可供暖 5000 万平米<sup>2</sup>，约占 2015 年全省供暖面积 8%。

四，加快构建清洁能源供暖新机制。

治理雾霾是各级政府不可回避的责任。治理雾霾不能打“运动战”，要打“持久战”。

一是认真贯彻中共中央、国务院关于《生态文明建设目标评价考核办法》，增强地方政府发展清洁供暖的责任感和紧迫感。

二是按照国务院关于“十三五控制温室气体排放工作方案”要求，全面启动碳减排交易试点，采用市场化手段推广清洁能源供暖。

三是按照国务院《大气污染防治行动计划》要求，进一步强化淘汰 10 蒸吨以下燃煤小锅炉的措施，消除雾霾污染源，为发展清洁能源提供市场空间。

四是充分发挥市场机制作用，建立扶持清洁能源供暖的政策体系。生物质成型燃料供暖成本高于燃煤，但比天然气和电成本低，政府对可核查的终端环节给予补贴，即补贴燃煤小锅炉改造、按供暖面积补贴和农户炉具推广。

五是在禁煤措施到位的前提下，采用市场机制“倒逼”政府机关和企事业单位燃煤小锅炉采用生物质成型燃料。

六是鼓励清洁供暖技术创新。支持生物质成型燃料加工、锅炉和炉具燃烧技术创新，加强生物质成型燃料相关技术标准的制定。

佟继良 中国能源网 2017-04-01

## 超薄膜让锂硫电池实现千次以上稳定循环

与现有的锂离子电池相比，以单质硫为正极，金属锂为负极的锂硫电池具有更高的能量密度、更低的原料成本、更好的环境亲和性。但受限于循环寿命太短，锂硫电池尚不能在大规模储能和电动汽车领域得到实际应用。近日《美国科学院学报》在线发表文章称，科学家将一种超薄超轻的表面复合膜涂到硫电极的表面，从而使锂硫电池的使用寿命显著提高。

论文第一作者，现北京化工大学理学院教授刘文接受科技日报记者采访时表示，理论上锂硫电池能够实现 3 倍于现有锂离子电池的储能密度，缓解电动汽车的“里程焦虑”。然而，硫电极的充放电中间产物会溶解到电解质溶液中，造成硫的损失和副反应，导致锂硫电极在使用几周后就会失效。从上世纪 60 年代锂硫电池问世到现在，科学家一直致力于提高硫电极的稳定性。

刘文和耶鲁大学化学系助理教授王海梁等开发出一种简便易行的方法，即将含有特定官能团(酰胺)的树枝状高分子和石墨烯简单混合，然后涂在硫电极的表面形成复合膜。通过表面复合膜的保护，锂硫电池能够实现 1000 次以上的稳定循环。通过该技术，有望制造出重量更轻、性能更好、价格更便宜的汽车电池，提高电动汽车的续航能力。

此外，研究团队同时通过实验和理论计算考察了复合膜和电池充放电中间产物的相互作用，确定了锂硫电池中的化学固硫机制。与已有的报道相比，该复合膜在几乎不增加额外体积或重量的基础上，能有效提高锂硫电池的循环性能，使锂硫电池离实用更近了一步。

科技日报 2017-03-28

## 我国固态锂电池完成万米海试

中国科学院青岛生物能源与过程研究所发布信息称，该所青岛储能院崔光磊团队开发的“青能 I 号”固态锂电池系统随中科院深渊科考队远赴马里亚纳海沟执行 TS03 航次科考任务，为“万泉”号深渊着陆器控制系统及 CCD 传感器提供能源，顺利完成万米全海深示范应用，标志着我国成为继日本之后世界上第二个成功应用全海深锂二次电池动力系统的国家。

此次在马里亚纳海沟执行 TS03 航次任务期间，使用青能所固态锂电池的“万泉”号深渊着陆器累计完成 9 次下潜，深度均大于 7000 米，其中 6 次超过 10000 米，最大工作水深 10901 米，累计水下工作时间 134 小时，最大连续作业时间达 20 小时。这标志着中科院突破了全海深电源技术瓶颈，掌握了全海深电源系统的核心技术。

据了解，高能量密度深海动力电源技术是限制深潜器长续航能力的瓶颈，直接影响国家自主深海探测装备的研制。此前，能够承受 100 兆帕压力的全海深电源技术只有日本掌握。我国虽然发展了充油耐压银锌电池技术，并已在“蛟龙”号载人潜水器上得到应用，但银锌电池的能量密度较低（低于 60 瓦时/千克），使用寿命较短（50 次），不能满足 11000 米全海深海域长续航能力领域的应用要求。而现有的能量密度较高的商品化液态锂电池易挥发电解液导致热失控，在 3000 米海深以下有很大安全隐患。

据崔光磊介绍，新研发的大容量固态聚合物锂电池“青能 I 号”经第三方检测，能量密度超过 250 瓦时/千克，500 次循环容量保持 80%以上，在多次针刺和挤压等苛刻测试条件下保持非常好的安全性能，有效克服了液态锂电池容易热失控的安全风险，可满足深潜器长续航、高安全的要求，能够为国家大力发展的深海空间站提供充足的能源动力。

王建高 孔凤茹 王兴 科技日报 2017-03-31

## 马斯克：给我 100 天，解决南澳停电问题

电动汽车、太空探索、火星绿洲……特斯拉创始人兼首席执行官埃隆·马斯克每一个“豪言壮志”都在向现实靠拢。

日前，他在个人社交网站上针对南澳大利亚州供电危机一事又撂下狠话：将为南澳安装电池存储系统，工时如果超 100 天，费用全免！

一时间，围绕南澳储能投资布局的讨论将马斯克推向了风口浪尖，暂且不提他的“百日攻坚”能否实现，南澳当前的供电困局却实实在在地点燃了各方竞争热情。

《金融时报》3 月 13 日报道称，如果澳大利亚政府允许，马斯克将在 100 天内为南澳安装价值 2500 万美元的 100 兆瓦至 300 兆瓦的新型 Gigafactory 电池储存系统，旨在最大程度解决南澳供电难题。他同时承诺，如果无法在百天内让系统运营，将免费给南澳供电。

据了解，暴风雨多次侵袭南澳，致使该州不断发生大规模停电事故。由于南澳一直依赖太阳能和风能等可再生能源，电力输出并不稳定，一旦突发不良天气状况，可再生能源发电满足不了高峰用电，从而导致停电。因此，储能系统的确是保证南澳稳定供电的一个手段。

对于马斯克的“豪言”，澳大利亚总理马尔科姆·特恩布尔以及南澳州长 Jay Weatherill 均予以了积极回应。特恩布尔特地在社交网站上表示，非常感谢马斯克在能源存储方面的言论，它能在解决能源危机方面发挥重要作用。Jay Weatherill 则透露，南澳将公布新的能源政策，包括优先使用电力存储技术并予以补贴，力求大规模推广储能技术。

事实上，南澳“大停电”问题不断引发化石燃料倡导者与可再生能源支持者之间的争辩，澳大利亚正在考虑利用储能系统来解决国家电力供应挑战。2 月 17 日，澳大利亚标准协会（Standards Australia）发布了储能标准路线图并指出，如果要在澳大利亚推广储能，必须首先关注储能系统的安装、产品安全和性能标准。

南澳州财政部长和能源部长 Tom Koutsantonis 坦言，储能是对大停电“对症下药”。“与所有改革开始时一样，尝试和推广储能技术势必需要资金，这需要纳税人的支持，而作用是相互的，纳税人是最终受益人。”他说。

不过，马斯克并非是瞄准南澳电力供应“大蛋糕”的唯一者，他将面临来自 3 家澳本土电力存储公司 Zen Energy、Lyon Solar 以及 Carnegie Clean Energy 的竞争，这 3 家公司均在布局电力存储设施。

去年 10 月，Lyon Solar 与日本三菱达成合作，双方将共同向价值 20 亿澳元的太阳能及储电项目提供资金，该项目旨在 2020 年在澳建立 1000 兆瓦的太阳能供电及储能设备。《澳大利亚金融评论报》指出，这个澳大利亚最大太阳能及储电项目，将把储能产业提升到一个新水平，在电力稳定性方面做出贡献。同一时期，澳大利亚地产和基础设施公司 Lendlease 与 Carnegie Clean Energy 达成合作，双方将在澳大利亚开展光伏、储能和微网项目的开发、竞标、融资、施工、设备采购等合作。

《澳大利亚人报》消息称，Zen Energy 将在南澳 Port Augusta 地区投建一个储电设施。Zen Energy 董事长 Ross Garnaut 表示，将在 2018 年初建成一个 100 兆瓦时的电力存储设施。“安装电池只是电力解决方案的一部分，我们需要一个完整的商业模式，包括与能源市场、客户和社区建立关系，如果抄捷径，成效会大打折扣。我们早就为此打好了基础，但我不确定马斯克可以。”他称。

《悉尼先驱晨报》指出，特斯拉已在澳大利亚推出了第二代储能系统 Powerwall2，加上电池生产技术进步，投资回报正在逐渐显现，马斯克的“百日攻坚”计划很可能得到澳政府批准。不过，澳洲智库葛拉顿研究所（Grattan Institute）分析师 Tony Wood 表示：“马斯克显然又上了一回头条，但仅通过电力存储并不能从根本上解决澳大利亚的电力供应问题。”

不管如何，马斯克的大胆“举荐”进一步点燃了澳大利亚投资储能的热情，特恩布尔透过总理办公室发言人表示，将与马斯克就电池存储的价值及未来电力系统的发展继续沟通。这无疑更加肯定了储能在澳的发展潜力和优势，相信未来一段时间，该国将吸引不少储能系统开发商和投资者纷至沓来。

王林 中国能源报 2017-03-27

## 生物质能、环保工程

### 我国首创循环利用新技术让农业污染变身绿色资源

作为全国首个畜禽粪便蔬菜秸秆综合利用示范工程，沃泰生物每年可处理动物粪便 8 万吨、16 万亩设施蔬菜产生的秸秆废弃物 60 万吨。

这是全国首套工厂化高效生态利用关键技术与成套装备在沃泰生物应用，将蔬菜秸秆、畜禽粪污变成了优质生物有机肥。

眼下，那些“留之无用”、处处不受“待见”的蔬菜秸秆和畜禽粪污，在山东沃泰生物科技有限公司(以下简称“沃泰生物”)董事长丁立功的眼里成了“宝贝”。



在中国最大的利用畜禽养殖废弃物和蔬菜秸秆制造生物有机肥基地——沃泰生物的车间里，几台大型专用粉碎机正轰鸣着将蔬菜秸秆粉碎，接下来它们将跟收集来的畜禽粪污混合搅拌在一起产生反应。在污染变身资源的道路上，这是秸秆与粪污的第一次相遇。

此后，它们将接受一系列让人眼花缭乱的物理、化学反应，这些反应包括“接种 1 号菌→自动布料→有氧发酵→接种 2 号菌，除臭、腐熟灭菌、翻刨→增氧曝气→换池出料→筛分+粉碎→接种 3 号菌→生物肥质检”。在混合定量包装之后，一袋袋优质的生物有机肥便可出厂了。

作为沃泰生物当家人，丁立功对山东省农科院畜牧兽医研究所和山东省农业机械科学研究院联手开发的这项新技术与生产线成套装备赞不绝口，“通过对蔬菜秸秆一次高温发酵腐熟灭菌和二次低温灭菌腐熟，并植入有益作物生长的功能菌群后，这些曾被当做废物的资源‘摇身一变’就成了市场需求的优质生物肥”。

让废物变宝贝，诉说着科技力量的神奇。但很多人并不知道，蔬菜秸秆和畜禽粪污结合、变身过程中经历了什么，它们被资源化利用，又会给我们国家带来什么？

无尽的烦恼：猪肉牛肉、鸡鸭鱼肉，吃起来香，养起来脏，蔬菜也是，产生的秸秆问题多多

一边是无处安放的蔬菜秸秆、畜禽养殖中的粪便大量排放污染环境，一边是化学肥料导致耕地酸化、有机质不断流失、农村缺乏绿色能源。一“多”一“少”之间，反映出秸秆和粪便利用的巨大市场。

如何解决？山东省农科院畜牧兽医研究所所长黄保华和他的农科院同事们找到了一把开启资源循环利用的“金钥匙”。

“我们常见的猪肉牛肉、鸡鸭鱼肉，吃起来香，但养起来脏。”畜禽养殖产生的粪污曾经让黄保华十分头疼，“搞养殖必然产生粪污，畜禽养殖场每天排放大量的养殖污水，它们富含氮、磷等营养物质，排入鱼塘及河流中会造成水体富营养化，使水生生物死亡，严重时会导致鱼塘及河流丧失使用功能”。数据显示，目前全国畜禽粪污年产生量约 30 亿吨，相当于每生产 1 公斤肉类，就要产生 44 公斤的畜禽粪污，这是农业面源污染的主要来源。

黄保华的观点得到山东省农业机械科学研究院齐自成研究员的赞同，他向科技日报记者表示，养殖污水长时间存放还会渗入地下，使地下水中的硝态氮或亚硝态氮浓度增高，地下水溶解氧含量减少，水体有毒成分增多，导致水质恶化，危及周边生活用水水质。高浓度污水还会导致土壤孔隙堵塞，造成土壤透气、透水性下降及板结、盐化，严重影响土壤质量，甚至伤害农作物，造成作物减产和死亡。

“这些东西处理不好，是污染、是烦恼，当然处理好了也是资源。”今年两会期间，农业部部长韩长赋曾表示，我国养殖业规模巨大，年产 8000 多万吨肉类产品，占世界第一。一年生猪的饲养量接近 12 亿头，禽类一年中出栏 130 多亿只，由此每年产生的畜禽粪污，包括屠宰场清理粪污产生的污水达 30 亿吨，秸秆 8 亿多吨，还有大量的农膜没有回收。

以寿光为例。众所周知，山东寿光是闻名全国的“菜篮子”。2016 年，全市蔬菜种植面积 80 余万亩，总产量达 20 多亿公斤，但蔬菜丰收之后留下的蔬菜秸秆就高达 100 余万吨，给地方带来了无尽的烦恼。

“我国的作物秸秆除了部分被饲料化等利用外，尚有 40%以上被当做废弃物丢弃，成为可怕的污染源，已造成严重的环境污染问题。”黄保华表示，“大量的秸秆被乱堆乱放，不仅影响了交通，堵塞了河流，造成农业面源污染越来越严重，同时秸秆长期置放以后，其携带的病原菌、虫卵等致病源随处传播，不仅影响着生态，更给人身健康带来极大危害。”

“要以提高农业供给质量为主攻方向，坚持质量兴农，满足人民群众对良好生态的绿色化需求，实现农业的绿色发展。要推行绿色生产方式，通过农业清洁生产等途径来保障农业可持续发展能力。”为落实上述中央一号文件精神，农业部进一步提出：到 2020 年，我国农业要实现“一控两减三基本”，即控制农业用水总量；减少化肥、农药使用量，化肥、农药用量实现零增长；基本实现畜禽养殖排泄物资源化利用；病死畜禽全部实现无害化处理；基本实现农作物秸秆资源化利用，秸秆露天焚烧现象得到

有效控制;基本实现农业投入品包装物及废弃农膜有效回收处理。

为把每年的中央一号文件精神 and 农业部指示精神落实到具体的实际行动上,山东省农业科学院在2015年就将畜禽粪污、蔬菜秸秆工厂化高效生态利用关键技术列为院里重点科技创新工程,着力研发。作为创新工程责任单位的山东省农科院畜牧兽医研究所与山东省农业机械科学研究所、山东沃泰生物科技有限公司强强联合,在全国率先研发出工厂化高效生态利用关键技术与成套装备,将蔬菜秸秆、畜禽粪污变成了优质生物有机肥,为全面破解我国农业农村环境污染找到了一条新路、新模式。

“工厂化”关键技术:蔬菜秸秆、畜禽粪污如何变成优质生物有机肥?

蔬菜秸秆、畜禽粪污变身有机肥并不简单,况且科学家们需要考虑将变化过程“工厂化”,并且可复制、可推广。

几台大型粉碎机轰鸣着将输送进的蔬菜秸秆粉碎,然后进入5公分的大网眼滚笼机,再通过旋转将粉碎的秸秆漏下,秸秆中塑料薄膜以及塑料绳等杂物则被留在滚笼机内自动吐出。这是科技日报记者在沃泰生物车间看到的情景。丁立功向记者介绍,“这是秸秆与薄膜实现第一次分离,接下来,这些粉碎的秸秆再进入2公分网眼的滚笼,实现二次分选。”

筛选好的秸秆碎料进入巨大的料场,再由输送带源源不断地倒进搅拌机,同时,另一侧两口的牛粪池按一定比例与秸秆混合到搅拌机。这是“有讲究”的一道工序,作为技术提供方,黄保华告诉本报记者,“经过反反复复实验,针对不同的作物秸秆,我们会通过化验采取不同的配比,以实现最佳的碳氮比平衡”。

秸秆形成的碎料进入车间的首个环节就是添加发酵菌群,只见搅拌机上方的发酵菌液桶由计算机控制,不断向搅拌机内添加微量菌液。“别小看这个80升的菌液桶,6个10米宽、1.8米深的发酵池一天的用菌量,一桶就够了。这些添加了菌液的秸秆料通过分料器被分送到传输带,最终进入了槽式发酵池。”丁立功说。

“我们在山东农业机械科学研究所的技术指导下,建设了6个长达百米的发酵池,在池子底部每隔1米都设置了曝气增氧口,不间断地向池内打氧,使发酵的秸秆温度可达到70℃,这是重要的高温杀菌步骤,同时大量的污水转变成水蒸气挥发。”丁立功说,每天通过翻堆机向前翻进3.5米,经过20多天的翻进,达到70米,此时温度会降低到45℃。翻堆机上同样设有菌液桶,可加入二次低温菌继续发酵,以达到充分灭杀作物秸秆病原体的作用。经过两次基本发酵,秸秆携带的病原体基本一网打尽。

“再经历25—30天左右的时间后,这些发酵后的粉碎秸秆温度下降到30℃,将被推送到池口,再由输送带送至自动化生产车间,进行最后一次分离,这样对塑料的筛选才算完成。”作为设备研发者,齐自成对生产流程不陌生,“在这些车间里,还要对秸秆碎料再进行第二次粉碎,形成粉末制剂后再加入作物生长必需的功能性菌团,最后避光密封包装,一袋袋生物有机肥就这样诞生了。”

这是神奇的一幕。这些生物有机肥开袋使用一遇到氧气,功能菌团会立刻活跃起来,在土壤中根据作物的生长节奏,精准而又缓控地发挥作用。

“畜禽废弃物和秸秆本身是一种良好的资源,处理不当或消纳不掉,才成了污染源。”黄保华认为,使之资源化利用并推广是贯彻中央“推进种养业废弃物资源化利用”等决策部署的具体举措,是改善人居环境、生态环境关键环节。

“通过工厂化堆肥腐熟处理具有除臭、杀菌、杀虫、减少病虫害等作用,可以使蔬菜秸秆和粪便转化为有效的土壤生物固体,避免了秸秆和粪便直接施用对环境造成的污染。”在黄保华看来,作物秸秆和畜禽粪便工厂化集中处理高效生态循环利用更是促进农业转型升级的根本途径,“设施蔬菜秸秆含有丰富的木质素、纤维素等有机质,畜禽粪便含有大量氮、磷、钾等营养元素,通过工厂化集中处理,剩余物可作为有机肥,施用在土壤里,不仅解决了农业面源污染问题,更促进了农业资源的循环利用,减少化肥和农药的使用,提高土壤有机质含量,改善土壤肥力,生产有机粮食、有机蔬菜和有机果品等产品”。

“秸秆工厂化集中处理上的关键技术、工艺和配套装备在国外相对比较成熟，我们选择了可人为控制、成本较低的工厂化槽式发酵方式，并研究开发了配套技术与成套装备，建立了这个目前国内规模最大、自动化程度最高、标准化生产最好的蔬菜秸秆与畜禽粪便无害化处理生产生物有机肥的项目。”齐自成告诉记者，项目每年消耗12万头猪、牛等畜禽产生的粪便8万吨，年处理16万亩设施蔬菜产生的秸秆废弃物60万吨，产出的7.5万吨优质生物有机肥可以解决20万亩土地改良问题。“整个生产过程无‘三废’产生，真正实现了作物秸秆与畜禽粪便的一体化及无害化处理和综合生态循环利用。”

五年前，山东省农科院畜牧兽医研究所就开展了畜禽粪污资源化利用技术研究，2015年，山东省农业科技创新工程实施，通过畜禽废弃物综合利用创新团队的科研攻关，在山东省农业机械科学研究院等多个单位大力合作下，在沃泰生物成功创建了成熟的畜禽废弃物和秸秆资源化利用模式。

记者了解到，该模式的看点不仅在于污染变资源，更在于可借鉴、可复制、可推广，对于做好当前规模化养殖畜禽废弃物和秸秆资源化利用工作有着很强的示范指导意义。

五年攻关新技术遭遇“三座大山”：五大核心技术、八项专利见证艰辛科研路

“我国目前对于作物秸秆与畜禽粪便无害化处理生产进行肥料化利用关键技术的研究很少，且没有形成统一的技术规程和体系模式。”黄保华告诉记者。

对山东省农科院畜牧兽医研究所、山东省农业机械科学研究院与沃泰生物来说，上述史无前例的难题就决定着这是一次不同以往的挑战。

在山东省农业科技创新工程——畜禽废弃物综合利用创新团队面前，有“三座大山”：研究以玉米秸秆、设施蔬菜秸秆与畜禽养殖粪尿等为原料一体化生产有机肥的堆肥工艺技术与装备，其中的关键词是“工艺”和“装备”。

用技术语言去描述它们：第一，秸秆的环卫一体化收集模式、粗粉碎和筛分清塑清选技术与工艺、堆肥过程中对碳氮比、含水率、温度、时间、通氧量、pH值等因素和参数的调控技术规程；第二，研究高效发酵菌剂的使用工艺，优化现有堆肥工艺；第三，研究作物秸秆与畜禽养殖粪水一体化高温快速腐熟堆肥技术与工艺模式，建立作物秸秆与畜禽养殖粪便一体化处理生产有机肥技术体系。

首先，秸秆与粪便结合，需要快速彻底腐熟问题。黄保华说，我们采用了世界最先进的生物技术，使秸秆及粪便的混合物在微生物菌团的作用下，在短时间内达到充分的天然腐熟、有机化，在最短的时间内达到真正的无害化处理，为工业化生产提供必要条件。过程中实现的三“压缩”——压缩时间、压缩空间、压缩成本，使得此生物技术处于国际尖端水平。

谈到废弃物处理，大多数人会被臭味折磨得坐立不安，太阳一晒，污水一蒸发，那股味道让人很难忍受。不过，黄保华们有妙招，他们将新型制肥设施与嗜热好氧复合菌团除臭技术进行有效结合，实现废弃物处理快速除臭，解决环境二次污染问题。这是团队研发的“好氧发酵快速除臭堆肥技术”。

秸秆废弃物物料的清塑料、除杂物向来比较难，国内现有筛分设备可以对物料进行筛分，但是粉碎秸秆中的塑料吊绳、塑料袋碎片等塑料垃圾却无法筛分出来，严重影响农作物秸秆的堆肥效果。山东省农业科技创新工程——畜禽废弃物综合利用创新团队的技术可将粉碎后农作物秸秆和秸秆中的杂质进行有效分离，分离效果可达95%以上，解决秸秆废弃物物料的清塑除杂难题。这是团队研发的“设施蔬菜制肥清塑揉搓技术”。

用专用装备将农业秸秆废弃物和畜禽养殖粪便按比例混合发酵一体化制肥，研究好氧发酵过程中的原料收贮、预处理、混合配比、碳氮比、含水率、温度、需氧量、pH值和微生物菌剂等参数对堆肥的影响，优化现有堆肥工艺和参数，解决农作物秸秆和畜禽粪便等废弃物利用的无害化处理难题。这是团队研发的“农作物秸秆和畜禽粪便一体化好氧发酵堆肥技术工艺”。

“我们还利用了槽式有机肥整池布料出料技术，实现整池布料出料，并一机多池，解决发酵周期与不同物料和季节匹配问题；槽式有机肥发酵用正反向链板翻堆粉碎技术。实现发酵过程中物料破碎，促进快速腐熟。”负责总体规划与工艺技术装备攻关的齐自成介绍说。

槽式有机肥整池多槽布料出料技术主要由卸料小车进出料皮带机、穿梭布料机及逆向翻抛机组组成，整池多槽布料出料技术的利用，不仅最大限度地利用了发酵池空间，大幅度提高了有机肥生产效率，并降低了厂商设备采购、设备运营成本，达到国内先进水平。

何为正反向链板翻堆粉碎技术？齐自成介绍，正向翻堆机自带破碎装备，在翻堆的同时，既可将发酵物料中的结块打碎，使发酵物料的水分和原料配比更加均匀，又可将发酵原料中原有大颗粒物料、发酵过程中不易发酵的颗粒物料进一步粉碎，从而加快了物料的发醇速度，缩短了发醇周期。逆向翻堆机单独运行，可对发醇物料进行翻堆、降温、增氧，与穿梭布料机联动实现发醇物料的整池出料。

五年时间，由山东省农业科学院畜牧兽医研究所、山东省农业机械科学研究所和沃泰生物等组成的这支校企联合团队终于做出了“农作物秸秆和畜禽粪便综合利用有机肥生产技术模式”：

将秸秆粉碎后，通过原料筛分系统，筛除粉碎后秸秆中的塑料布、塑料绳、石块等杂物，作为有机肥生产的原料，直接配以畜禽养殖粪水和生物菌剂充分混合，通过整池槽式发醇方式，实现大型自动化生产有机肥的一种技术体系和模式。

这种模式来的正是时候，因为广阔田野正呼唤着它。

复制“沃泰模式”：新技术之火已经从山东点燃，快速蔓延全国

“按年产量 7.5 万吨有机肥，价格按 1500 元/吨计算，销售额每年可达到 11250 万元，经济效益十分可观。其关键是可以较好地解决农业秸秆与畜禽养殖废弃物等农业面源污染问题，对促进农业资源的循环利用、建设高效生态农业具有重大意义。”

丁立功显然十分看好这项技术的市场前景。

2016 年 7 月 22 日《人民日报海外版》以图文并茂的形式刊登了一篇“秸秆新技术托起产业大市场”的文章，文章认为：

“公司处理秸秆特有的微生物菌可以在 24—72 小时内使作物秸秆或生活垃圾及粪便混合物的肥堆温度快速升高到 55—65 摄氏度，使混合物充分腐熟。这种情况在持续几周后温度就会下降到 38 摄氏度左右，进入到熟化阶段，使有机物分解为比较稳定的腐殖物质并有效消灭杂菌。最后喷施应用菌形成微生物有机肥料产品，并可以根据施用土壤的特点调整微生物有机肥中的碳氮比，平衡土壤 pH 值。”

“数字微生物有机肥除了含有大量的有机质外，肥料中所含的‘厌氧’和‘好氧’的两大类有益微生物能快速分解活化土壤中的磷、钾及其他微量元素和分解长期大量使用化学肥料所导致的固化和钙化了的化学残留物；分解矿物质中植物所需的营养成分。‘好氧’菌种通过多种‘固氮菌’的共同作用，产生强大的固氮能力，它们能固定空气中 78% 的氮并以有机的方式供植物吸收使用。‘厌氧’和‘好氧’菌的一系列活动使土壤变得疏松、柔软并可很好地协调空气和水的关系等等，使已经板结了的土壤能快速恢复活力和生机，为植物根系的生长创造良好的生态环境。微生物有机肥里面的微生物通过自身反复不断的生长、繁殖、死亡等一系列活动，为土壤提供腐殖质类物质，增加土壤中的有机质含量，从而提高土壤的肥力，使植物扎根更深，根系更壮。肥料中大量的微生物给土壤提供了充足的营养，平衡了土壤的酸碱度，使土地营养均衡，抗病虫害的能力增强，同时也增强了植物耐寒、抗旱、抗重茬的能力。”

上文提到的公司，便是沃泰生物，而该项生态高效利用新技术、新工艺的研发者便来自山东省农科院畜牧兽医研究所和山东省农机科学研究所的黄保华与齐自成创新团队。

实际上，黄保华带领的创新团队更大的野心不仅仅在于秸秆和粪便处理，他们还瞄准了生活垃圾。在青州的这个项目，每年还可处理 5—10 万吨秸秆和生活垃圾，生产出来的微生物有机肥料能供应方圆 50 公里范围内的有机农业和蔬菜种植。

一项“接地气”的好技术，犹如星星之火，只要遇到合适的条件很快便可燎原。在寿光即将投产的山东泰昌生物科技有限公司同样采用了由山东省农业机械科学研究所规划设计、创新开发的整池发醇进出料工艺技术与配套装备，可年产高品质生物有机肥 5 万吨，年无害化处理循环利用畜禽

粪便 6 万吨，蔬菜秸秆废弃物 40 万吨，项目总投资 6000 余万元，占地 60 亩，这是继青州 7.5 万吨蔬菜秸秆工厂化高效生态利用项目之后全国第二大利用畜禽粪便和作物秸秆制造生物有机肥的无害化处理项目。

该项目成功突破了作物秸秆与畜禽粪便无害化处理生态循环利用的秸秆大量连续化粉碎作业、设施农业秸秆塑料垃圾清理以及粉碎的秸秆物料定量给料、快速腐熟发酵工艺与配套技术装备等方面的难题，取得较大创新，填补了国内农业固体有机废弃物无害化处理肥料化循环利用生物技术处理机械化与智能化的空白，创新团队已申报 20 项国家专利，其中已授权 8 项实用新型。

实际上，在上述两个项目成功实施的带动下，在山东滨州邹平、博兴县、河北唐山、安徽合肥等地已经开始复制这种处理模式，为当地农业固体废弃物无害化处理循环利用探索最佳出路。

“畜禽养殖废弃物主要包括畜禽粪便、养殖废水、病死畜禽等，既是一种非常宝贵的特殊形态农业再生资源，又是一个非常严重的环境污染物。通过该模式处理来生产有机肥料，既防止了环境污染，又利用了再生资源，还对增加肥料总量、优化施肥结构、改良土壤、改善作物品质具有非常重要的意义，并从源头上解决了养殖业废弃物的污染问题。”

对于未来，黄保华及其团队显然非常有信心，“该技术模式可适宜我国大部分地区的作物秸秆及畜禽养殖粪便等有机废弃物无害化处理利用，是控制农业环境污染、改善农村环境、发展循环农业、实现农业可持续发展的有效途径”。

魏东 科技日报 2017-03-30

## 梁禹翔：让微生物燃料电池性能翻倍

你能想象这发生在一个 25 岁小伙子身上吗？就读于浙江工商大学环境科学与工程学院的研究生梁禹翔，巧妙地借助太阳光辅助提升微生物燃料电池的输出性能，开发出了目前国际上该领域输出功率最高、稳定性最好的光电微生物燃料电池，相关成果在国际顶级期刊连发 9 篇学术论文，授权了 6 项国家发明专利，为该技术的工程化应用做出了突破性贡献。

量变引发质变

这个 1992 年出生在浙江新昌的小伙子，戴着眼镜，开朗随和，尽管在全球顶级期刊连发了 9 篇学术论文，但给人的第一印象总是特别的斯文、有礼、谦逊。

2010 年，梁禹翔进入浙商大环境工程专业就读本科，2014 年考上本校研究生，学的是环境科学与工程专业。在校七年，他记得环境学院逸夫楼有一张电梯文化图——图上讲的是 0.99 的 365 次方和 1.01 的 365 次方的区别。“它告诉我：每天只比你努力一点点的人，其实最后会把你甩得很远，而我们每天比别人多做一点，总会收获数倍于别人的成果。”

微生物燃料电池，简称 MFC，是十几年前兴起的一项能够同时实现污染物降解与产电的技术，主要是由美国布鲁斯·罗根、布鲁斯·里特曼院士等研究发展推广。传统电池普遍利用镍、铬等剧毒重金属为氧化还原剂，使用后难以处理，会产生严重的二次污染物。而现有的燃料电池则基本需要消耗氢气和氧气，成本极高。微生物燃料电池则是一种以无危害的电话性微生物为催化剂，以废水中的有机物为氧化剂，无毒无危害，而且可以同时实现降污产能。尽管 MFC 相比传统电池有众多的优势，但相对较差的输出性能仍旧限制了其实际应用。

微生物燃料电池的性能能不能在我们手里提升？这成为梁禹翔日思夜想的问题。他所在的课题组——浙江省固体废物处理与资源化重点实验室在电化学以及生物电化学降解方向具有多年的研究经验。在导师沈东升、冯华军的指导下，梁禹翔一头扎进了实验室。

“做科研的过程就像‘怀孕’”

有人说，科学本身就是伟大的美，具有无穷的魅力。这种魅力使人钟爱科学，树立献身科学的理想和信念；又使人甘愿摒弃安逸舒适，专心致志埋头于实验室里的工作。在梁禹翔眼中，研究过程中的每一步，都能给自己带来满满的成就感。

在导师冯华军和沈东升的悉心指导下，梁禹翔进行了很多实验研究，从发现新现象到严谨分析再到实际应用，这样的循环一直在持续。他相信很多同学跟自己一样，“或许你已经记不清自己查阅了多少篇文献、重复了多少次实验、修改了多少次论文，但你一定记得第一篇文章被接收、第一个专利被授权、第一个项目被验收的时刻，很多做科研的前辈都称呼这个过程为‘怀孕’，怀胎十月只为它的诞生，痛并快乐”。

经历了难以计算的尝试后，终于，梁禹翔发现通过在阳极上构建光催化材料，使得 MFC 能够利用太阳能加速微生物的降解速率，通过增强电子产生与转移的效率，从而提高 MFC 的性能。

“机会只留给有准备的人”

3月23日，在浙商大2017届研究生毕业典礼上，梁禹翔作为毕业生代表发言。校长陈寿灿在讲话中特别提到，梁禹翔成功开发的光微生物燃料电池，同时解决了能源短缺以及环境污染两大难题，他在环境、电化学及能源领域国际顶级期刊上发表9篇相关成果的论文，总影响因子达45，获得众多国际同行认可。现场师生报以热烈的掌声。

据环境科学与工程学院书记郑苏法介绍，浙商大将科学严谨的办学融入到培养学生的全过程中，激发学生“双创”能力。在全国百支科技团队中，唯一的环境团队就来自该学院的“小平创新团队”。从大一开始，53名专业老师至少每人带一个创新项目，仅围绕“小平创新团队”就有10支卫星小队。像梁禹翔这样有想法、有能力的学生，学校不但组建了学生科研项目，还提供了大量的科研基金支持。此外，学校各类奖学金也主要以各类创新创业成果为评价标准，鼓励学生自主创新创业。

“首先必须比别人做得更多更快更高效，才能更早拥有足够多的高质量论文，从而斩获各类奖励奖学金，最后别人才给出优秀评价。因此，可以断定所有的成功必定与前期的行动呈显著正相关的关系，机会只留给有准备的人。”梁禹翔如是说。

中国科学报 2017-03-28

## 飞行中使用生物燃料更环保

美国国家航空航天局(NASA)近日在英国《自然》杂志上发表的一项气候科学研究发现，与使用常规燃料相比，在巡航情况下混合使用常规燃料和生物燃料，可使飞机发动机的颗粒污染物排放量减少50%—70%。该研究首次公布了飞机在飞行中使用生物燃料所产生的环境影响的重要数据，有助于评估将航空生物燃料作为缓解气候变化可行策略的潜力。

NASA 兰利研究中心科学家理查德·摩尔及其同事此次报告了对试验飞机污染物排放量的空中测量结果。该试验飞机的4个发动机或加了常规 Jet A 航空煤油(一种自上世纪50年代就成为美国标准航空煤油的类型)，或混合加了 Jet A 航空煤油与生物燃料(来自亚麻籽油)。

研究人员在研究机上进行观测，研究机在试验飞机后面飞行，二者距离约为30米至150米，飞行高度为30000英尺至36000英尺(9140米至10970米)，混合生物燃料产生的气溶胶排放量显著低于常规燃料。不过，在高推力情况下的降幅不如在中低推力情况下明显。

该实验同时提供了排放出的气溶胶粒子种类信息，可帮助建模研究，评估使用航空生物燃料是否是一种能够促进缓解气候变化的可行策略。

科技日报 2017-03-30

# 太阳能

## 天合光能发布“PERC 双核”组件

如今光伏行业同质化竞争比较严重，众多企业开始寻求差异化发展，加快研发推出具有非对称性的技术。在3月29日举行的2017中国国际清洁能源博览会上，天合光能推出了“PERC 双核”组件。据悉，该款产品融合了 PERC 单晶双面发电电池技术和双玻技术，不仅是 PERC 单晶组件的升级产品，也是国内首款采用双面发电电池技术的 PERC 双核组件。

光伏行业在 20 年的发展过程中，通过不断的技术进步、材料优化来改善和提升产品品质，降低成本。未来的光伏产品应该更加契合于在各种环境下与系统的应用。”据天合光能全球销售市场副总裁印荣方介绍，“PERC 双核”组件推出之前，已经储备了数年，加之天合光能双面玻璃组件早在 2013 年实现量产，天合双玻由天合光能自主研发，累计出货量已超 1GW，具有一定的技术积累。该产品采用高效电池技术，60 片组件正面功率范围在 285—300 瓦，加上背面增益，等效功率最高可达 330W。由于正面吸收太阳直射光发电，背面接收反射光和散射光发电，与传统单面组件相比，发电量最高可提升达 25%。

据印荣方介绍，“PERC 双核”组件除了应用于地面电站、农光互补、渔光互补等大型项目之外，也非常看好城市高架路两侧隔音等特殊项目。沙漠、高纬度和多雪地区，也是未来的目标市场。

光伏行业从暴利时代到微利时代，如何实现可持续发展？印荣方说要关注产品对度电成本的贡献。PERC 双核组件经济性优势显著，可以大幅降低系统度电成本。PERC 双核组件通过增大的等效功率，实现了空间应用的最大化，节省 BOS 成本；还可以与天合光能跟踪支架系统等更多升级方案及技术叠加搭配使用，最大化地增加发电量。他表示：“未来，我们将在产品的深度上做出更多努力，让产品能更契合于在各种环境下系统运用，这也是我们研发 PERC 双核组件的出发点。不仅是提升自身综合竞争力，同时也能提高客户投资收益，促进行业技术的发展和共同进步，让更多更有竞争力的产品从中国市场向全球发布。”（董欣）

中国能源报 2017-03-31

## 隆基向行业公开低衰减技术助力平价上网早日实现

中国能源网 | 3月29日，2017中国国际清洁能源博览会，在北京国际展览中心举办，在本届展会上，来自国内外一批光伏企业如天合光能、晶澳太阳能、正信光电、海润光伏等知名光伏企业发布一系列新品。就在当天展会期间，隆基乐叶总裁李文学正式对外宣布，隆基愿向行业公开其全球领先的单晶低衰减技术——LIR（光致再生）技术。

在组件封装材料可靠的前提下，影响组件发电差异的关键因素就是功率衰减指标，它分为初始光衰和长期衰减两类。一直以来，单晶的高效、高可靠、长期衰减低等优势已得到认可。但是 P 型单晶由于硼氧复合体的原因，头 2-3 个月会出现光致衰减达到峰值，即初始光衰（LID）现象。尽管在之后的 9-10 个月内逐渐恢复，首年衰减与多晶组件相似，长期发电量具备优势，但初始光衰现象并没有让单晶发电性能发挥得淋漓尽致。

此次宣布共享的 LIR 技术将完美解决 P 型单晶 LID 现象，由新南威尔士大学与隆基乐叶合作进行了技术研究和该技术的产业化开发，为此付出了艰辛的努力。在此过程中，隆基乐叶持续不断地组织大量研发资源研究降低组件初始衰减，研究 LIR 技术在不同特性硅片的表现、量产表现，目前已得出全球领先的单晶低衰减技术解决方案和设备方案。通过对于衰减的控制，帮助光伏电站在系统端累计提高 1%左右的发电收益，对于投资收益率影响十分显著。

经过多年的产业化试验，LIR 低衰减技术已得到各类环境和检测机构的认可。使用 LIR 技术的

隆基乐叶单晶组件通过了 2015 年 3 月到 2016 年 3 月一整年在 CTC（中国建材检验认证集团股份有限公司）光伏产品海南实证基地的户外测试。在全国 31 家被抽检光伏企业、32 种组件规格型号（包含单、多晶）中衰减最低，名列第一。

LIR 技术支持下的量产组件产品 Hi-MO1 也于 2016 年正式推出，它是隆基乐叶给全球带来的第一款低衰减高功率组件产品，将系统每瓦发电能力带上新的高度。目前，Hi-MO1 已应用到各种场景，应用效果良好，也证明了 LIR 技术的产业化前景。

单晶的完美晶体结构、高品质已得到各方认可，目前对于单晶的疑虑主要集中在初始光衰。可以说，单晶低衰减技术将彻底解决投资者疑虑，将单晶的发电性能带上更高的高度，给投资者带来更多收益。

人类最早从 1970 年代前后研究组件衰减问题，经过数十年探索发现了单晶和多晶在这两类衰减上的差异。隆基股份通过技术攻坚，终于找到了产业化降低单晶初始光衰的有效途径，找到了提升组件功率与降低初始光衰的完美结合点。为了促进行业发展，隆基愿意向行业公开技术方案，和行业一起成长，帮助全球单晶产品解决初始光衰的问题。隆基正式的公开共享在光伏行业来说也将带来一股新风气，通过更开放、更包容的姿态引领全球光伏产业升级，带动全球光伏行业度电成本下降，更好的帮助光伏行业平价上网时代的到来。

新能源 中国能源网 2017-03-30

## 天合光能推出六大领域“光伏+”系统集成解决方案

3 月 30 日，天合光能在北京中国国际展览中心召开“工商业智能光伏系统集成解决方案第一品牌”创新应用发布会暨工商业渠道招商会，携“光伏+”解决方案，全力进军工商业应用领域。

作为光伏新能源就近开发利用的一种高效模式，分布式光伏正迎来新一轮的发展契机。根据《电力“十三五”规划》提出，“十三五”期间，太阳能发电装机要达 1.1 亿千瓦以上，其中分布式光伏 6000 万千瓦以上。在天合光能副总裁、战略开发与解决方案事业部总裁娄力争看来，“自 2017 年 1 月 1 日起，大型地面光伏标杆上网电价下调，但分布式光伏补贴标准维持不变。在规划及补贴政策双重导向作用下，预计 2017 年新增分布式光伏装机占比有望大幅提升至 25% 以上，分布式光伏即将迎来黄金发展期。”

受此利好，光伏企业纷纷推出分布式光伏系统产品，天合光能也不断在产品系统设置、商业模式、金融支持、渠道推广、经销商培训及售后服务等方面推陈出新。

随着能源互联网的发展，光伏领域也亟需智能化解决方案，尤其是分布式光伏领域，以便实现光伏电站“智能、高效、安全、可靠”。

“能源互联网不仅实现了光伏本身的投资价值，同时还满足了其功能价值，将电力配售一体、发储并用、多能互补、智能互联相互结合。”娄力争表示，基于此，天合光能积极开展光伏和各类产业的融合创新，发力智能供电控制与云服务平台。据了解，天合光能首次提出了“光伏+”工商业概念，并提出打造“千店万厂”，“厂”即进行生产制造的工厂，“店”指的是商场、医院、学校等向公众开放提供交易服务的公共建筑场所。

据娄力争介绍，分布式光伏分为两部分——一类是专业投资，主要开发优质屋顶，装机达到 5—10 兆瓦；一类是医院、学校、体育场馆等屋顶，装机也就一两兆瓦，后者的终端客户很多，天合光能将瞄准这一领域。

“工商业智能光伏系统集成解决方案，这一产品包集中了我们的品牌、市场、设计、技术、产品包集成、供应管理、智能运维、数据分析、保险、资信资质、培训等，为光伏电站提供一站式服务，切入并解决了一般工程商的痛点、难点，从中开拓市场，与渠道商、经销商实现共享、共创、共赢，从而打造深度粘性的生态圈。”娄力争表示。

不少经销商对天合光能的工商业智能光伏系统集成解决方案非常看好，“通过安装使用这套系统

解决方案，原有空置的屋顶资源将得到有效开发利用，在实现节能减排等环境效益的同时，电站每年的收益也让企业多了一条增收渠道。”（吴怪）

中国能源报 2017-03-30

## 没有中国光伏企业，巴黎协定不会那么快签订

3月23日至26日，博鳌亚洲论坛2017年年会在海南博鳌举行。以晶科能源为代表的多家光伏企业参与，晶科能源副总裁钱晶接受央广网记者专访，并就贸易保护主义抬头下中国光伏企业“走出去”以及光伏产业去产能的问题，进行了分析和解答。

今年年初，国家发改委和国家能源局印发《能源发展“十三五”规划》，要求2020年太阳能发电规模达到1.1亿千瓦以上，其中分布式光伏6000万千瓦、光伏电站4500万千瓦、光热发电500万千瓦，这对于沉寂已久光伏产业来说又是一剂兴奋剂。

我国光伏技术正在不断进步，电池转换效率不断提高，然而也面临着整体产能过剩、商业模式有待创新等问题。

光伏行业是新兴行业，为什么也会面临产能过剩的问题？

“光伏行业的需求没得到释放，要达到替代甚至全面替代传统能源的目标还有很大潜力空间。产能过剩是相对的、动态的概念，短期的产能过剩会随着技术的提升、门槛的提高、产业的升级，行业逐渐优胜劣汰。”钱晶表示。

“这几年供需都在增长，供应端的上规模，一方面让度电成本急剧下降，但同时又超过需的增长速度，所以导致暂时失衡，产能过剩”。钱晶指出，一般行业的产能过剩是因为需求已经饱和，光伏行业的产能过剩是因为需求仍未充分释放，需的增长速度受限于其他条件和配套电力基础及技术。

“然而，随着技术条件的提升，比如多能互补兼容性技术、微电网技术、储能技术等等，通过拉高技术门槛的方式优胜劣汰，降低光伏发电的成本，未来可以实现从低水平到高水平的供给平衡。”钱晶指出。

如果没有中国光伏企业，巴黎协议会那么快签订吗？

我国光伏产业发展已有近20年的历史，从产业发展初期的快速增长，到2010年开始的产能过剩和进入低谷，再到2013年以来国家新一轮扶持政策的出台，行业开始回暖。不得不说，政策的帮扶是光伏行业成长的关键，对于光伏行业的补贴也被外界所争论，到底该不该补贴呢？

“有些事情是可做可不做的，有些事情是必须要做的，比如对环境的保护。”钱晶指出，有些行业交给市场自行调节就行，但有些行业需要政府的支持，比如光伏。“企业经营不是单纯慈善，没有初期的支持，没有企业愿意长期进入这个行业。光伏企业一样，先要生存下来，然后再有能力投入研发，以不断通过技术升级拉低度电成本，尽快实现平价上网，摆脱补贴。政府的补贴也逐步随着成本降低而降低。”钱晶表示，事实上，政府的前期体贴让光伏行业获得了快速的成长，“通过对技术创新的持续投入，现在光伏发电的成本下降了80%—90%。”钱晶表示，如果没有中国的光伏企业，是不可能那么快签巴黎协议的，各个国家有信心兑现在不减少经济活动前提下，达到减排承诺，就是因为全世界找到了唯一兼顾可持续且经济可行的办法，光伏发电取代火电。碳排放的70%来自于燃煤，燃煤的80%是用于发电，而我国又是燃煤大国，光伏发电将很大程度上缓解碳排放。”钱晶说。

贸易保护主义抬头，中国光伏企业在海外的日子是否更难过？

来自国家能源局的数据显示，2015年我国光伏电池及组件出口量达到2500万千瓦以上，出口额达到144亿美元，出口国家数量累计约200个，我国光伏产业在海外布局广阔，走出去的企业也不在少数。

以晶科能源为例，其在海外拥有3个工厂、16个子公司、18个销售办事处、销售遍及五大洲70个国家及地区。

随着贸易保护主义的抬头，中国光伏企业在海外的日子是否更难过呢？对此，钱晶表示企业要警

惕，但还是要有信心，“近几年，中国光伏企业遭受到了严厉的反倾销和反补贴政策，中国光伏企业对此有了一定的免疫力。”钱晶说，“欧洲双反”的失败已经证明贸易保护主义只能让本国新能源倒退或付出更大的成本。”钱晶表示。

钱晶认为现在行业太分散了，未来行业随着供给侧改革会有一轮洗牌，强者更强，行业集中化程度会提高，“比如晶科是全球最大的组件制造商，却也只占整个市场份额的 9.7%到 10%左右。一个成熟行业的话，全球一线品牌的几家龙头企业应该占到 70%左右才合适。”

央广网 2017-03-30

## “领跑者”设立不同效率标准是在保护谁？

2015 年光伏“领跑者计划”推出以来，光伏产品各种技术“百花齐放”，电池组件效率大幅度提升。中国光伏电池组件转换效率越来越与全球先进水平看齐，美国 SunPower、日本松下不再那么遥远了。

“领跑者”计划推出以来，技术领先的产品普及与推广迅速加快；行业制造水平、应用水平、标准及测试等方面整体大幅提升；在电池组件转换效率提升方面更是促进作用明显。目前看来，领跑者最大的意义不是单纯推动了某一种技术路线的发展，而是通过设立电池组件转换效率标准，促进了全行业对高效的追求。不论是 PERC、黑硅、MWT、双面、HIT、IBC 等新技术应用，或者是常规组件，都在角逐效率。

在此之前，电池效率每年提升 0.2 个百分点已属不易，如今，先进技术规模化应用促进电池效率每年甚至 0.5-1 个百分点以上的提升，可以说，没有“领跑者”政策牵引，电池组件技术进步不会如此之快。根据测算，组件转换效率每提高 1 个百分点，光伏系统成本能降低 6%左右，这对于光伏发电平价上网意义重大。领跑者计划的实施效果看来，也证明了鼓励高效化发展是正确的引导方向。领跑者推出以来，不仅效率提升迅猛、产品更新换代加速，成本也在快速下降，领跑者项目招标不断涌现新的低价就是最好的例证，行业仿佛依稀能看到未来两三年光伏平价上网的光景。

### 设置两条效率标准值得商榷

领跑者发挥政策作用的重要形式是组件效率设槛，也就是目前引发争议的领跑者组件效率标准。目前领跑者采用的是单多晶分别设置最低效率门槛，单多晶组件转换效率分别要达到 17%与 16.5%，两者效率差距 0.5%，然后通过市场的机制进行淘汰选择。相关行业人士提出了质疑：单晶与多晶本就同属于晶硅产品，发电性能类似，目前又同样遵循领跑者电价竞价，照理说应该同等竞争，划定统一的效率标准，直接比拼度电成本，设置单多晶两条不同的效率标准是否合理？

而在这种效率标准设置逻辑下也出现了连锁反应。多晶电池组件技术最近两年进步稍慢，单晶电池组件技术进步稍快，甚至有人提出提高单晶转换效率门槛、拉大单多晶转换效率门槛差距。难道就因为你的成绩更好，所以就要求你的高考录取分数线更高吗？如同考试，既然你进步快，你优秀的标准是 90 分，他进步慢，他优秀的标准是 80 分，优秀的标准要考虑个体进步差异而定，这究竟是否合理？

根据领跑者效率标准，60 片标准组件分别为单晶 280W、多晶 270W。大同领跑者一期，尽管相比多晶 270W，单晶 275W 已经显示出更高的效率和更优的成本，但是根据效率要求，单晶必须提升到 280W 甚至更高才能被领跑者项目接受。这段时间，单晶不断提升技术、上马 PERC 产线，效率不断提升。到了领跑者二期，尽管标准为 280W，但实际市场上单晶效率要达到 285W 甚至 290W 以上才能被接受，行业对单晶的要求从来就不是按照效率标准线来满足。事实却是，即使 275W 的单晶组件成本低于 270W 的多晶组件，还是无法进入大同领跑者一期项目，这是否合理？人为区分单多晶，就会出现这样有意思的现象。

事实上，除了领跑者市场，单晶组件在普通电站项目招标中也倍受热捧，2017 年上半年出现了供不应求的局面，说明高效产品的高性价比得到了市场认可。不过，领跑者伊始，考虑单晶产能与

多晶相去甚远，单晶产能无法在短时间内满足所有高效产品需求，同时，多晶电池组件产能需要一些产业保护，技术进步需要一定时间，划定单多晶两条效率标准也可以理解。在当时情况下，也算可以理解的选择。

目前看来，领跑者政策促进了行业整体技术的提升，之前的标准设置对单多晶产品技术都有促进作用。单晶因此有了发展；多晶也得以保护，并摒弃以往的低价低端策略，也开始往高效方向发展。

新形势下业界呼吁：统一单多晶效率标准

在领跑者推行的近两年后的今天，国内高效产品效率与产能都不可同日而语。原有的标准已不再符合光伏行业发展情况，提升领跑者标准是大势所趋。

根据最近有关媒体报道，领跑者新的效率标准可能即将推出，60片组件效率标准有可能修改成单多晶分别为280W和295W，这与最初的领跑者标准相比，单多晶组件差距由原来的10W拉大到15W。多晶280W以上的产品将得到鼓励，而单晶需要达到295W以上。

目前，多晶通过黑硅+PERC，电池效率也可以做到19.5%，功率满足280W效率标准基本没有问题。但是，使用了该技术后，成本上升明显，且衰减问题难以保证。同时，根据测算，相比叠加了复杂技术的280W多晶，285W、290W单晶组件成本相近甚至更低，而且由于更高效也带来了更低的系统造价与度电成本，那么，为何要鼓励280W组件，而不鼓励285W、290W组件？逻辑是什么？

根据某主要光伏企业在2016年12月演讲中给出的成本数据，多晶使用PERC技术成本提高了0.25元/W。多晶使用了黑硅+PERC技术后，功率与常规单晶组件相当，然而成本则没有优势。这样的情况下，亟需让他们同场竞技，让市场去断定孰优孰劣，通过市场淘汰掉不适合的产品，而非给更为高效的产品人为设置门槛。

高效单晶产品迅猛发展后的今天，不仅效率提升迅速，成本下降明显，度电成本已具备优势，完全能更好的满足高效产品需求，行业认可度持续高涨。这样的产品完全可以也应该与多晶产品同等竞争效率与度电成本。

从光伏行业的终极目标来看，光伏未来要实现平价上网、替代传统能源，必须要不断鼓励先进、高效技术产品的发展。“领跑者计划”制订的初衷也是促进产业升级，让先进、高效的技术产品更有市场。这种前提下，政策应该鼓励各种技术路线在同等条件下，相互良性竞争，提升效率、降低度电成本，最终通过市场机制和终端需求进行产品淘汰与选择。不鼓励先进，刻意去保护或平衡某一种技术路线的平稳发展，这会让更先进的技术产品失去动力与信心，不利于光伏行业长期发展。

不是所有的成功都理所当然，成绩好的背后除了天赋，是更多的汗水与泪水。不要对好孩子过于苛刻，应该给予更多的鼓励。光伏“领跑者”也是！单晶、多晶同为晶硅，发电性能相近，技术工艺提升原理相似，成本趋于一致，效率均有前景，是否可以设置统一的晶硅电池组件效率门槛，让二者公平地角逐度电成本，让市场做最终选择？

中电新闻网 2017-03-24

## 海润光伏在京发布最新“炫高效”五栅半片组件

中国能源网 | 3月29日，2017第九届中国国际清洁能源博览会在北京·中国国际展览中心（老馆）隆重举行。在本次展会上，海润光伏携2017年新品“炫高效”五栅半片光伏组件精彩亮相本届展会。

在海润光伏新品发布会现场，海润光伏副总裁邵爱军表示，“炫高效”五栅半片组件的电池平均转换效率高达18.80%。该技术可以让组件CTM提升1.6%，切片后组件自损耗功率降低75%，组件CTM提升1%左右。同时，通过增强零深度反射效果，组件CTM提升0.3%左右，使用分体式接线盒，减少了线缆连接长度，组件CTM提升0.3%左右。

据了解，“炫高效”五栅电池采用多晶金刚线切割硅片，采用添加剂+常规酸制绒工艺进行电池生产。电池尺寸156.75mm×156.75mm，电池片5主栅设计，主栅宽0.8mm。具有高功率、多发电、

抗热斑、低温度、高可靠等技术优势。

海润光伏市场部经理朱亚楠向记者介绍时表示，该五栅半片组件特殊设计的电路使得半片电池组件在阴影下发电量更高。在受到外力作用时，五栅电池的应力分布也比4栅电池更加均匀，隐裂风险降低；此外，五栅电池比4栅电池增加了电流收集的通道，可大幅降低产生热斑的风险。

同时，该“炫高效”半片组件已经通过内部3倍IEC加严测试，组件功率衰减 $\leq 5\%$ 。同时，“炫高效”组件的生命周期较长，组件材料质保12年，功率输出保证25年。

另据了解，在本届展会上，其它众光伏企业巨头借势推出最新产品。天合光能首次推出其高效领跑的新产品——PERC双核组件；晶澳太阳能推出两款PERC半片产品和PERC双面新产品；其次腾晖光伏强势推出“智能光伏+科技农业”，率先延伸光伏产业链的发展；正信光电展出两款“蓝鲸”12栅高效组件和“白鲟”石墨烯组件最新技术产品等等。

新能源 中国能源网 2017-03-30

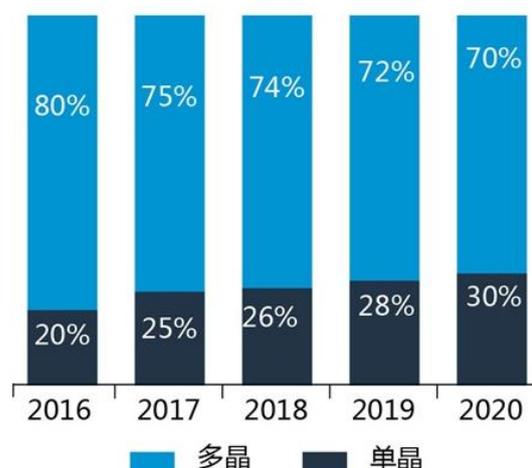
## 彭博：单晶硅片扩产，但未来五年多晶仍是主流

彭博新能源财经本周三发布报告称，单晶的市占率提升没有所宣称的那么迅速。2017年由于“领跑者”政策的影响会出现一波单晶小高潮，而后几年其市占率提升会减缓，预计到2020年会冲击30%，未来五年多晶仍然是市场主流。

### 新技术产能释放助力多晶仍占主流

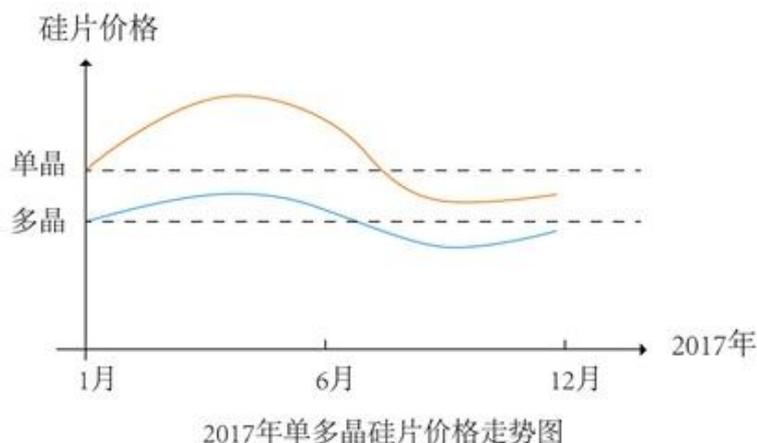
根据彭博新能源的统计数据，相比2016，2017单晶市场份额由20%迅速提升至25%，这主要受“领跑者”政策影响。2017上半年是“领跑者”计划项目并网的高峰期，由于“领跑者计划”对单多晶效率标准制定没有拉开差距，去年的投标方案大比例选择了单晶组件以获得技术评分，在单晶产能不足的情况下造成供应紧张，单晶硅片价格持续居高不下，单晶厂商选择大规模扩产。此种市场状况不可持续，数据显示3月中旬单晶硅片已经开始跌价。

全球多、单晶产品市场份额变化趋势



来源：彭博新能源财经

2018单晶市场份额与2017基本持平，单晶市占率的上升趋势被多晶“金刚线切+黑硅+PERC”产能释放阻止。保利协鑫、阿特斯、晶科等多晶一线企业都已宣称其黑硅产品量产，预计2017下半年其产能将大规模释放，超过50吉瓦体量的多晶降本提效加速。三项技术叠加后多晶电池的量产转换效率可以达到20%，完全满足“超级领跑者”的要求。再加上低光衰、低封装损失的特性，封装后的多晶组件效率有望接



近同标准的单晶组件，多晶技术进步潜力巨大，性价比优势将再次大幅提升。

受多晶大规模技改影响，尤其铸锭单晶的量产，扩产后的 P 型直拉单晶产能可能会面临大量闲置。相对而言，铸锭单晶效率接近直拉单晶，而成本会大幅度下降，未来有逐步取代 P 型直拉单晶的趋势。预测铸锭单晶未来几年会放量，否则单晶市占率将会逐步萎缩。行业专家预计，未来直拉单晶技术推广有赖于 N 型晶硅技术如何在高效率的同时大幅度降低产业化生产成本。

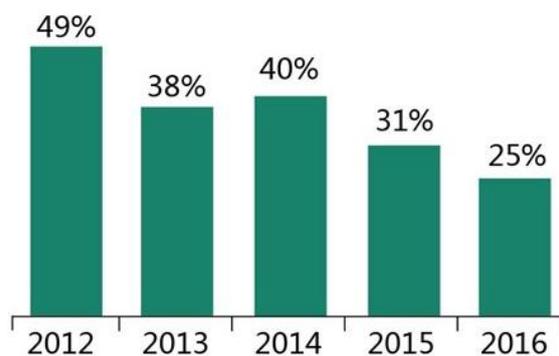
分布式会成为单晶的救命稻草？

光伏单晶刚开始是由半导体产业转换过来的，都是直拉技术。单晶由于晶格规整，相比多晶有 1%-2% 的转换效率的优势，但是直拉技术耗电量高，耗时长，性价比低。十年前，以赛维、昱辉、保利协鑫为代表的中国光伏厂商利用多晶铸锭技术生产硅片，铸锭的生产效率达到了拉晶的 4 倍以上，而转换效率也稳步提升，和单晶始终保持在 1-2% 差距，有性价比优势的多晶产能突飞猛进，成为占据八九成份额的主流工艺。铸锭工艺通过规模化效应，使光伏度电成本大幅降低，可以和其他的新能源甚至是传统能源竞争，促使光伏平价上网成为可能。

发达国家的光伏产业发展起步较早，一直以单晶为主流。也许知道拼成本拼不过中国，产业化效率也拉不开距离，国外很多光伏厂商更喜欢在研发上刷新转换效率。但是，SUNPOWER, SHARP, SOLARWORLD 等国外单晶企业的业绩下滑表明，一味的提高转换效率是研究院的发展思路，技术进步要为产业化服务。目前国外这些仅存的单晶企业无一不是通过投资电站获益而减少亏损。随着中国以多晶技术为主的更高性价比产品推广，欧美仅存的单晶技术除了研发上引领，必定在产业上越来越艰难。

中国分布式光伏的迅速发展，单晶再一次站在了舆论和市场的风口浪尖。有资讯称分布式对单晶有重大利好，因为单晶效率高，可以在有限的面积上多发电。但是，分布式的发展与单晶的高效没有必然联系，投资者投的都是真金白银，算的都是度电成本。业界公认多晶性价比高，组件衰减和封装损失更少，度电成本更低。以日本为例，国土面积有限，高效组件需求应该超过其他国家，但是根据彭博新能源数据，日本单晶组件市场份额是不断下降的。据调查，中国市场近些年的分布式光伏，尤其是建筑屋面光伏，也是大比例运用性价比更高的多晶。而且，随着多晶潜力的进一步挖掘，其转换效率将还会有很大的提升空间。

单晶组件在日本晶硅组件市场中的份额



来源：彭博新能源财经

PV News 2017-03-24

## 预知在日本建设光伏电站的五重挑战

在刚刚发布的《德国莱茵 TÜV2017 年光伏电站持续经营白皮书》中提到，52% 的受访企业有海外建设光伏电站的计划，其中六成受访者看好亚洲的市场。虽然各企业的投资热情高涨，但海外投资光伏电站的各种不确定性和风险却让大家踌躇不前。

来自德国莱茵 TÜV 日本公司的 Manfred Brinkmann 博士，是日本光伏电站领域的资深专家，在日前举办的“质胜中国”光伏盛典上，为参会嘉宾详述了在日本建设光伏电站所面对的地质和气候条件的特性，以及相关技术和管理方面的现状和挑战。现场分享的详实经验与实操案例，现通过“质胜中国 I 质者见质”系列整理发布，与光伏人共勉。

一重挑战：日本独特的地质与气候条件，对光伏电站设计提出了更高的要求

当你需要在日本建立光伏电站时，首先要明确，在什么样的地理条件下可以建立光伏电站？日本

是个岛国，72%的地区都是山地，平原很少，同时人口密度很高，意味着光伏电站的运营成本以及整个租赁成本会非常高。在日本，只有在诸如被弃置的工商业以及农业地块、高尔夫球场、少数林海地区以及建筑物屋顶才比较适合建设光伏电站。

同时还要考虑到日本微气候的差异。日本的区域间太阳辐照度非常不均匀，即使是在同一个省，太阳辐照度的差异也是非常大。所以要对微气候分析进行非常仔细和深入的研究。

毋庸置疑，日本有 110 座活火山。是不是不要靠近活火山建设光伏电站就可以了呢？显然不是。就像去年日本的阿苏山活火山爆发，即使不靠近这些活火山，火山喷发后的火山灰仍然可以进行长距离的迁移，不仅影响了相邻区域的地面条件，也影响了该局部地区的辐照度。

还有，日本位于非常活跃的地震带当中，这显然也是不容忽视的地质风险。

地质条件跟气候条件息息相关，不仅仅是微气候，我们还要看日本大气候的情况。在日本的北部还有西北部，降雪非常大，所以如果在这些地区建立光伏电站，一定要保证光伏组件的安装角度以及安装高度，避免积雪长时间积压在组件表面上，在这些地区常见的组件最低点安装距地距离是 2 米左右。如果光伏组件的安装角度以及高度没有进行很好的结构设计，可能导致仅仅两周后光伏电站就会停止发电。

除了冬季的积雪，在夏季可能会有台风或者龙卷风，这也是影响日本光伏电站结构设计的重要因素。这就要求光伏组件的安装结构设计一定要能够确保抵抗强风。当台风来袭的时候，我们要去研究风向，即使不在沿海地区，在相对内陆的地区，从沿海来的风仍然会影响到我们的光伏组件的安全稳固性，所以结构设计一定要考虑到风向和风力的问题。

如果电站选址在日本南部城市，必须还要考虑到局部暴雨的风险。局部性短时间的强降雨可能会导致泥石流，潜在的泥石流也会影响到光伏电站的发电情况。此外，如果是在光伏电站施工过程中，因为地表遭到开挖，原生的植被遭到破坏，强降雨还会造成局部区域的水土流失。

保护土壤、防止土壤侵蚀的方法有：

第一点是尽量减少地面景观改造，保持住土壤的表层以进一步降低强风或强降雨对土壤的侵蚀，同时也要尽量保留覆有植被的土壤。

同时确保良好的排水系统，能够在不稳定的情况下或者是在自然灾害的情况下进行良好的排水。EPC 承包商需尽可能地去优化设计排水系统，即使是在一年或者是运营了很多年之后，我们也要保证排水系统的正常运作。

其他方法包括充分考虑土壤的特性，持续的观察和改进，以及通过植被覆盖增强土壤的稳定性，等等。

二重挑战：严格的项目审批以及电网并网要求

上网电价(FIT)：和我们预期相比已经有所下降，我们不知道 FIT 是否会进一步下降？

严格的 METI 批准要求：公用电网连接也需要被批准，还有包括具体的电站设计细节被批准后才能进行建设。

电网并网：在日本，很多情况下是不允许架设电网传输线，例如需要考虑与高压线路的距离，线路地下敷设 vs. 空中架设的限制，是否允许高压线路架设于私人物业上方等因素。所有这些需要相关方和当地居民、社区以及其他单位进行磋商，以期能够实现以更优的方法并入电网。

三重挑战：运维服务商是否具备足够的经验和技能

运营维护商的能力至关重要。例如，一些小型的电站，运维可能是由经验不足的运维服务商来提供的。所以，很重要的一点是如何确保这个小型的电站是在最佳的性能状态上进行运营的。

四重挑战：日本当地技术标准与国际标准不匹配

需要提醒有意愿在日本投资光伏电站的企业，部分日本国内的技术标准与国际标准并不一致，所以在设计阶段一定要特别留意。

五重挑战：

与设计、安装相关的缺陷与性能损失

在光伏电站建设当中，除了自然灾害和国家层面的政策等因素之外，还会存在一些影响电站性能、导致电站发电量损失的技术缺陷，尤其是在光伏电站的设计和安装环节。所以，在电站的规划设计以及施工阶段，我们必须要考虑各方面的影响因素和预期风险，这样才能确保电站能够按照严格的标准来设计、施工，并且能够按照预期进行运行和维护。

### 【总结】

日本仍然是一个非常有吸引力的光伏电站投资市场，前提是我们需要进行谨慎的选址、设计和施工。这就需要电站的设计和规划要符合当地的地理和气候条件，EPC 和其他承包商的选择要足够谨慎，还需要找到可靠的和经验丰富的当地合作伙伴。此外，独立第三方的技术尽职调查也是必不可少。

索比光伏网 2017-03-24

## “领跑者”设立加速单多晶组件效率提升

中国能源网 | 2015 年光伏“领跑者计划”推出以来，光伏产品各种技术“百花齐放”，电池组件效率大幅度提升。中国光伏电池组件转换效率越来越与全球先进水平看齐，美国 SunPower、日本松下不再那么遥远了。

“领跑者”计划推出以来，技术领先的产品普及与推广迅速加快；行业制造水平、应用水平、标准及测试等方面整体大幅提升；在电池组件转换效率提升方面更是促进作用明显。目前看来，领跑者最大的意义不是单纯推动了某一种技术路线的发展，而是通过设立电池组件转换效率标准，促进了全行业对高效的追求。不论是 PERC、黑硅、MWT、双面、HIT、IBC 等新技术应用，或者是常规组件，都在角逐效率。

在此之前，电池效率每年提升 0.2 个百分点已属不易，如今，先进技术规模化应用促进电池效率每年甚至 0.5-1 个百分点以上的提升，可以说，没有“领跑者”政策牵引，电池组件技术进步不会如此之快。根据测算，组件转换效率每提高 1 个百分点，光伏系统成本能降低 6% 左右，这对于光伏发电平价上网意义重大。领跑者计划的实施效果看来，也证明了鼓励高效化发展是正确的引导方向。领跑者推出以来，不仅效率提升迅猛、产品更新换代加速，成本也在快速下降，领跑者项目招标不断涌现新的低价就是最好的例证，行业仿佛依稀能看到未来两三年光伏平价上网的光景。

### 设置两条效率标准值得商榷

领跑者发挥政策作用的重要形式是组件效率设槛，也就是目前引发争议的领跑者组件效率标准。目前领跑者采用的是单多晶分别设置最低效率门槛，单多晶组件转换效率分别要达到 17% 与 16.5%，两者效率差距 0.5%，然后通过市场的机制进行淘汰选择。相关行业人士提出了质疑：单晶与多晶本就同属于晶硅产品，发电性能类似，目前又同样遵循领跑者电价竞价，照理说应该同等竞争，划定统一的效率标准，直接比拼度电成本，设置单多晶两条不同的效率标准是否合理？

而在这种效率标准设置逻辑下也出现了连锁反应。多晶电池组件技术最近两年进步稍慢，单晶电池组件技术进步稍快，甚至有人提出提高单晶转换效率门槛、拉大单多晶转换效率门槛差距。难道就因为你的成绩更好，所以就要求你的高考录取分数线更高吗？如同考试，既然你进步快，你优秀的标准是 90 分，他进步慢，他优秀的标准是 80 分，优秀的标准要考虑个体进步差异而定，这究竟是否合理？

根据领跑者效率标准，60 片标准组件分别为单晶 280W、多晶 270W。大同领跑者一期，尽管相比多晶 270W，单晶 275W 已经显示出更高的效率和更优的成本，但是根据效率要求，单晶必须提升到 280W 甚至更高才能被领跑者项目接受。这段时间，单晶不断提升技术、上马 PERC 产线，效率不断提升。到了领跑者二期，尽管标准为 280W，但实际市场上单晶效率要达到 285W 甚至 290W 以上才能被接受，行业对单晶的要求从来就不是按照效率标准线来满足。事实却是，即使 275W 的单晶组件成本低于 270W 的多晶组件，还是无法进入大同领跑者一期项目，这是否合理？人为区分单多

晶，就会出现这样有意思的现象。

事实上，除了领跑者市场，单晶组件在普通电站项目招标中也倍受热捧，2017年上半年出现了供不应求的局面，说明高效产品的高性价比得到了市场认可。不过，领跑者伊始，考虑单晶产能与多晶相去甚远，单晶产能无法在短时间内满足所有高效产品需求，同时，多晶电池组件产能需要一些产业保护，技术进步需要一定时间，划定单多晶两条效率标准也可以理解。在当时情况下，也算是可以理解的选择。

目前看来，领跑者政策促进了行业整体技术的提升，之前的标准设置对单多晶产品技术都有促进作用。单晶因此有了发展；多晶也得以保护，并摒弃以往的低价低端策略，也开始往高效方向发展。

新形势下业界呼吁:统一单多晶效率标准

在领跑者推行的近两年后的今天，国内高效产品效率与产能都不可同日而语。原有的标准已不再符合光伏行业发展情况，提升领跑者标准是大势所趋。

根据最近有关媒体报道，领跑者新的效率标准可能即将推出，60片组件效率标准有可能修改成单多晶分别为280W和295W，这与最初的领跑者标准相比，单多晶组件差距由原来的10W拉大到15W。多晶280W以上的产品将得到鼓励，而单晶需要达到295W以上。

目前，多晶通过黑硅+PERC，电池效率也可以做到19.5%，功率满足280W效率标准基本没有问题。但是，使用了该技术后，成本上升明显，且衰减问题难以保证。同时，根据测算，相比叠加了复杂技术的280W多晶，285W、290W单晶组件成本相近甚至更低，而且由于更高效也带来了更低的系统造价与度电成本，那么，为何要鼓励280W组件，而不鼓励285W、290W组件？逻辑是什么？

根据某主要光伏企业在2016年12月演讲中给出的成本数据，多晶使用PERC技术成本提高了0.25元/W。多晶使用了黑硅+PERC技术后，功率与常规单晶组件相当，然而成本则没有优势。这样的情况下，亟需让他们同场竞技，让市场去断定孰优孰劣，通过市场淘汰掉不适合的产品，而非给更为高效的产品人为设置门槛。

高效单晶产品迅猛发展后的今天，不仅效率提升迅速，成本下降明显，度电成本已具备优势，完全能更好的满足高效产品需求，行业认可度持续高涨。这样的产品完全可以也应该与多晶产品同等竞争效率与度电成本。

从光伏行业的终极目标来看，光伏未来要实现平价上网、替代传统能源，必须要不断鼓励先进、高效技术产品的发展。“领跑者计划”制订的初衷也是促进产业升级，让先进、高效的技术产品更有市场。这种前提下，政策应该鼓励各种技术路线在同等条件下，相互良性竞争，提升效率、降低度电成本，最终通过市场机制和终端需求进行产品淘汰与选择。不鼓励先进，刻意去保护或平衡某一种技术路线的平稳发展，这会让更先进的技术产品失去动力与信心，不利于光伏行业长期发展。

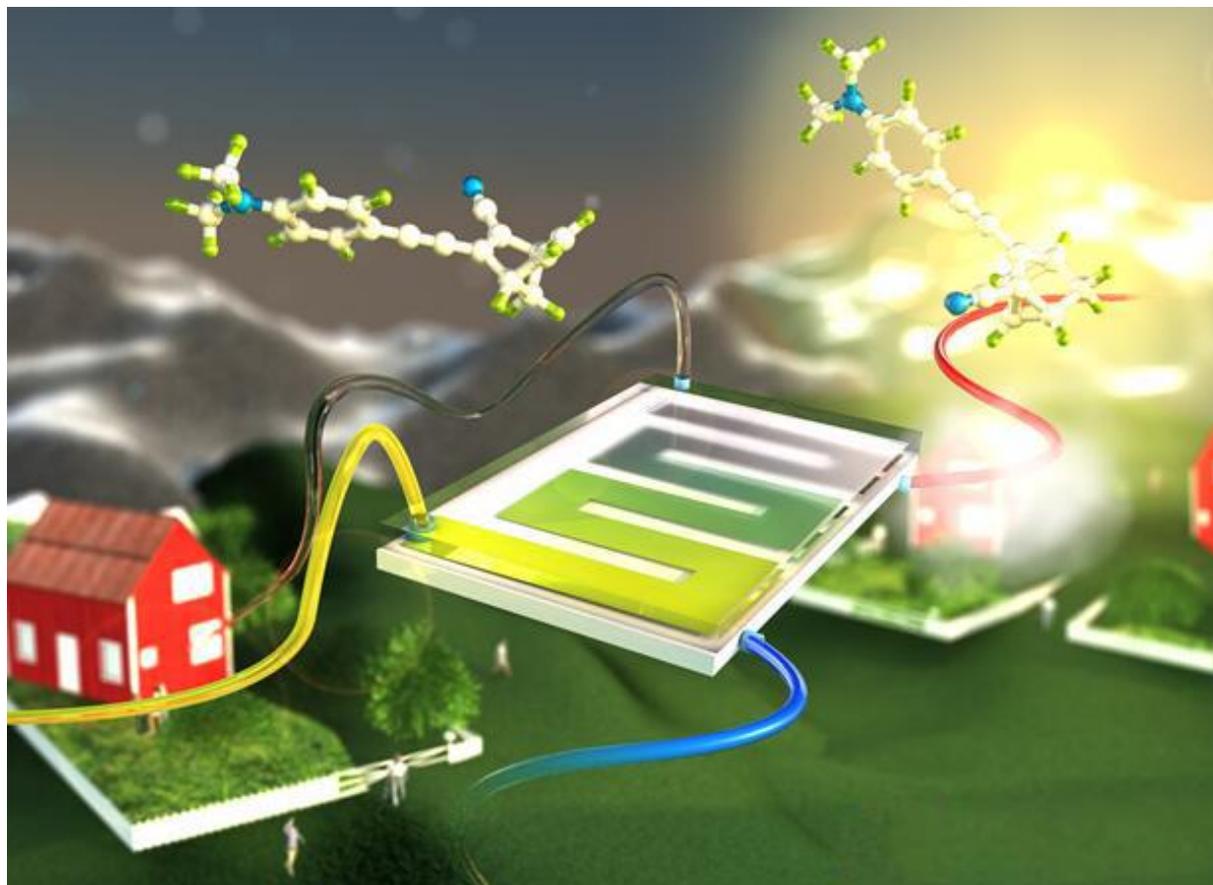
不是所有的成功都理所当然，成绩好的背后除了天赋，是更多的汗水与泪水。不要对好孩子过于苛刻，应该给予更多的鼓励。光伏“领跑者”也是！单晶、多晶同为晶硅，发电性能相近，技术工艺提升原理相似，成本趋于一致，效率均有前景，是否可以设置统一的晶硅电池组件效率门槛，让二者公平地角逐度电成本，让市场做最终选择？

仲新源 中国能源网 2017-03-24

## 瑞典创新太阳能储能技术 运用含碳化学液体实现高效储能

近日，瑞典查尔姆斯理工大学(Chalmers University of Technology)的研究者成功验证了以一种含碳化学液体作为介质，来高效存储太阳能的新型储能技术的可行性。通过这种化学液体，能够实现能量的自由传输以及随时释放。目前，此项新技术已成功登上《能源与环境科学》(英国皇家化学院发行的学术期刊，影响因子20.523，在“化学和多学科”“能源和燃料”以及“环境科学”等多个门类的期刊中均位于前列)的封面。

目前，太阳能俨然成为世人所公认的未来最大能量来源之一。但若想实现太阳能发电技术取得长足发展，提高储能效能成为重要一环。而查尔姆斯理工大学研究小组最近成功验证了通过一种含碳化学液体作为储能介质，可以实现将太阳光直接转化为能量进行存储。研究小组将这个过程叫做“分子式太阳能储热系统”。这种化学液体可以储存并传输太阳能，并且在需要时随时释放这些能量。值得一提的是，该化学液体释放能量时，几乎可以实现能量的零损耗。



图：“分子式太阳能储热系统”模型

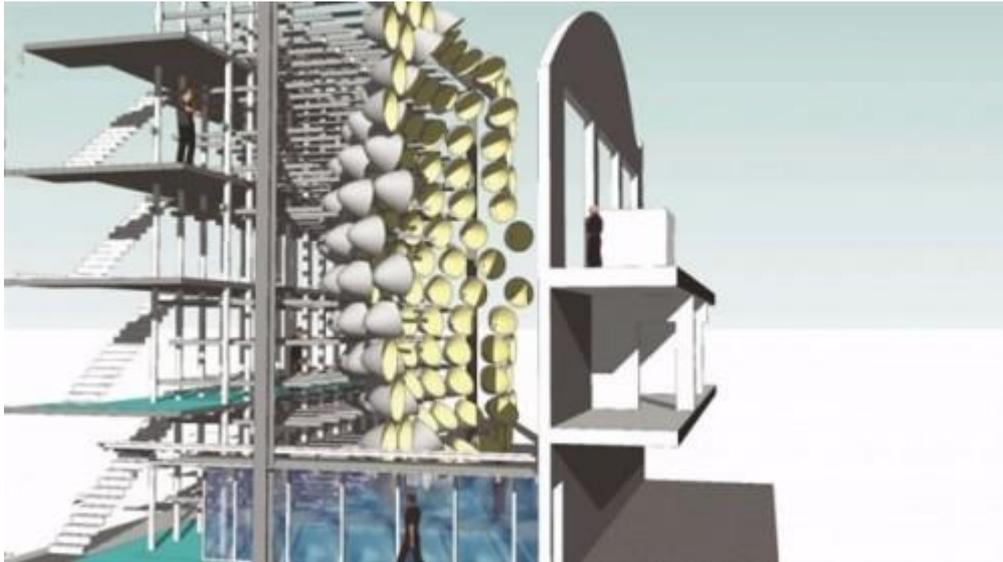
据悉，查尔姆斯理工大学早在六年前就已研发出这项技术，并在 2013 年将该技术首次应用于概念性示范项目。但当时这项技术并不成熟，太阳能转换效率极低。另外，作为能量储存介质，在该项技术中扮演重要角色的化学混合物的成本也较为高昂。

“但经过几年的技术论证与创新，目前，这项技术的太阳能转换效率已大大提升，之前所运用的昂贵的化学元素也替换为较为便宜的含碳元素。效率提升以及成本降低等因素将使这种新型储能技术在未来储能市场中更具有竞争力。”研究小组组长 Kasper Moth-Poulsen 教授这样表示。

CSPPLAZA 2017-03-24

## 世界最大“人造太阳”升空运行

大家应该还记得，之前德国航空太空中心打造了世界上最大的人造太阳，而现在它已经完工，且被正式悬挂出来，开始进行相应的科学研究。



这个世界上最大的人造太阳名叫 Synlight，其由 149 盏 7kW 短弧氙灯组成，能够提供  $11\text{MW}/\text{m}^2$  的辐射量，当设置最大功率时，其可以提供  $320\text{kW}$  的能量。

此外，当短弧氙灯集中照射在三个不同测试室中  $20\times 20\text{cm}$  的范围内，其可以比日常太阳辐射高出 10000 倍，温度最高达 3000 摄氏度。

德国航空太空中心表示，这些极高的温度是使用太阳能生产太阳能燃料(如氢燃料)过程中的必要条件，而他们也希望 Synlight 能够帮助研究人员找到一种更有效的方法将水分解成氢气和氧气。



快科技 2017-03-24

## 国内首个大型混合储能碟式光热发电项目开建

内蒙古清誉新能源科技有限公司计划总投资 15 亿元，在察右中旗科布尔镇义圣和村投资建设  $50\text{MWp}$  光热发电示范项目，其中一期建设  $10\text{MWp}$  光热发电示范验证项目。项目将于 2017 年 3 月 25 日开工，8 月建成投产。

据了解，该项目采用清芸自主知识产权的镜场集热技术，以熔融盐作为吸热、储热介质，通过熔融盐-水换热系统产生过热蒸汽，驱动汽轮机发电，是国内首个大型混合储能碟式光热发电项目，具有上网功率平稳、发电时间长、余热综合利用等优点，是国家新能源产业“十三五”规划重点发展方向。

据了解，该项目全部建成后年发电量达 2.55 亿 kWh，节约标准煤 10.3 万吨，减少二氧化碳排放量 25.4 万吨。

中国储能网 2017-03-24

## 海洋能、水能

### “蜀道难” 7200 万千瓦水电路在何方？

外送通道背后的难题

电力外送通道不是想建就能建的。电力外送通道的建设需要提前规划，水电站工程顺利“上马”，相关通道建设却没有及时规划审批，这是四川水电外送能力不足的主要原因。

其实，通过加快外送通道建设解决四川弃水问题，已经成为了社会各界的一个共识。

利用电力外送通道，将四川水电资源外送华中、华东、华北，不仅可以解决四川省内的弃水问题，而且还可以缓解相关省份用电紧张的形势，更重要的是，可以在更广范围内推动清洁能源发展，提高清洁能源利用效率。

为实现水电的进一步消纳外送，多年来，国家电网公司一直在积极努力。

“在上海，每两盏灯里就有一盏是用四川的清洁电力点亮的。”这不是夸大其词，而是国网四川电力副总经理、成都供电公司总经理褚艳芳对“川电外送”效果的形象解释。利用向家坝—上海±800 千伏特高压直流线路等外送通道，四川送到上海的电力，几乎占到了上海全部电力的一半。

上海的邻省浙江同样从“川电外送”中受益。溪洛渡左岸—浙江金华±800 千伏特高压直流输电工程于 2014 年 7 月正式投入运行，这条长达 1653 公里的输电通道可以将四川金沙江清洁水电源源不断地送入浙江电网。在投运的第一年，这条电力大动脉便向浙江输送了 355 亿度的清洁水电，这些电量可以满足当时浙江城乡居民全年近 80%的生活用电需求。

据国网浙江电力检修公司工作人员介绍，溪浙线投运两年多来，已经向浙江输送了超过 930 亿度的四川水电。这不仅为四川水电的消纳开辟了出路，还为受端地区的经济发展注入了新活力。要知道，在没有特高压工程“落脚”之前，浙江是一个典型的缺电省份，最大电力缺口曾达 900 万千瓦。

记者从国网四川电力了解到，目前四川电网已与外省形成了“四交四直”联网格局，总外送能力达 2850 万千瓦。2016 年，四川水电外送规模达 1285 亿度，可以满足一个中等省份全年的用电量，相当于节约标准煤 4000 万吨，减少排放二氧化碳 1.1 亿吨、二氧化硫 340 万吨。其中，向家坝—上海、锦屏—苏南及溪洛渡左岸—浙江金华三条特高压直流线路承担了重要的水电外送任务。去年夏季，三大直流提前进入满功率运行状态，每天可向华东地区输送清洁水电 5.19 亿度。

“为何不多建几条特高压线路？”不少人也许会提出这样的疑问：既然“川电外送”可以在高效消纳清洁水电的同时，优化东部地区用能结构，为何不着力提高四川水电的外送能力？

事实上，电力外送通道不是想建就能建的。

“蜀道难，难于上青天。”李白曾经这样感叹出入四川之难。实际上，建设四川水电外送电力通道，同样不容易。

通道的建设需要提前规划，水电站工程顺利“上马”，相关通道建设却没有及时规划审批，这是四川水电外送能力不足的主要原因。据四川省发改委相关工作人员透露，目前我国电站建设与送出

工程核准并不同步，按照国家基本建设程序，电网企业只有在电站核准后才能启动送出工程可研、核准及建设，导致电站送出工程投产进度严重滞后于电站建设。

庆幸的是，情况正在有所好转。记者从国网四川电力了解到，“十三五”期间四川省建设的首条川电外送通道——川渝电网 500 千伏第三通道项目目前正在紧张建设之中，该项目预计于今年 6 月底投运，投运后将新增川电外送能力 200 万千瓦，预计每年消纳水电 70 亿度。此外，雅中—江西±800 千伏特高压直流输电工程的前期准备工作也在积极推进之中，项目建成后将成为四川凉山地区清洁能源送出的关键通道，增加电力外送能力 1000 万千瓦。

据了解，“十三五”期间，四川全省将有约 4100 万千瓦水电装机建成投产。预计到 2020 年，四川水电装机规模将达到 1.16 亿千瓦。在这样的背景下，有序推进四川电力外送通道建设，将成为应对四川“弃水”问题的重要举措。

水电突围需要市场、机制、政策铺路

目前，我国清洁能源仍以就地消纳为主，缺乏清洁能源跨区跨省消纳的政策和市场机制。此外，四川水电的消纳不仅需要市场的激励，同时也需要国家在政策方面的引导。

外送通道规划建设合理，是否就意味着四川水电的消纳可以“高枕无忧”？

答案是否定的。陈国平曾经对我国清洁能源的消纳状况进行分析：“目前，我国清洁能源仍以就地消纳为主，缺乏清洁能源跨区跨省消纳的政策和市场机制。”

除了加快外送通道建设，有效的跨区跨省消纳政策和市场机制，对于解决弃水问题同样至关重要。

以四川水电外送为例，外省电网只有在发电量不够时，才会接纳四川富余的水电资源，再加上地方政府对于省内火电等资源的保护主义，以及水电本身的季节性差异，要想把清洁水电送到中东部负荷中心，难上加难。

“目前，中东部地区集中了全国三分之二以上的煤电，严重超出环境的承载能力，但出于多方面因素，一些中东部省份仍在积极争取新建燃煤机组，导致像四川这样的水电大省富余电力无处可去。”褚艳芳指出了四川水电消纳的又一个痛处，在她看来，要加快构建全国统一电力市场，建立有利于打破省间壁垒、促进清洁能源跨区跨省消纳的电价机制和清洁能源配额制度，下达各省清洁能源消费比重硬指标，加大考核力度，并通过全面推行碳排放交易等各项措施，才能为清洁能源跨区消纳创造有利的市场环境和条件。

国网四川电力也在这方面进行了积极尝试。去年 5 月 12 日，四川电力交易中心有限公司成立。就在这一年，四川省出现了来水偏早偏丰、弃水提前等特殊形势。为尽力消纳富余水电，四川电力交易中心紧急沟通北京电力交易中心和购电省市，组织水电企业参与北京交易平台的短期交易，在年度外送合约已达成 19.23 亿度的基础上，增加平水期外送电量 4.9 亿度，首次实现了四川电网在平水期向外省大规模送电。

记者了解到，国家电网公司今后将推动出台跨区跨省输电价格政策，打破清洁能源消纳外送过程中的省间壁垒，优化调度和交易方式，建立清洁能源消纳配额制，综合施策促进清洁能源消纳。

与此同时，也有业内人士认为四川水电的消纳不仅需要市场的激励，同时也需要国家在政策方面的引导。

在我国《可再生能源法》中，明确定义水电是可再生资源，然而国家 2016 年 3 月出台的《可再生能源发电全额保障性收购管理办法》却没有把水电包括在其中，水电不能享受全额保障性收购的政策，成为了水电消纳外送过程中的政策性阻碍。对此，褚艳芳认为要形成大力消纳水电的政策导向，尽快把水电纳入可再生能源全额保障性收购范围，并享受电价补助政策，促进水电企业健康可持续发展。

此外，国家发改委在今年 2 月 15 日发布的《征求 2017 年重点水电跨省区消纳工作方案意见的函》，也被业内人士看作是国家政策引导水电消纳外送的良好开端。

“这是国家层面首次公开征求重点水电跨省区消纳的意见，以前西南弃水问题并不突出，这两

三年问题逐渐凸显。国家层面干预可以把西南弃水控制在合理范围内。”中国水力发电工程学会副秘书长张博庭表示，“弃水涉及国家的能源结构调整问题，不是光靠市场就能解决的。”

亮报 2017-03-31

## 加上成套出海标准，中国水电就无敌了

作为世界水电大国和世界水电技术强国，中国的水电已形成包括规划、设计、施工、装备制造、输变电等在内的全产业链整合能力。具备了强大的硬实力之后，中国水电正加速输出彰显软实力的技术标准。

闷头干活的领跑者 中国水电有多强？

事实来回答：中国已经与 80 多个国家建立了水电规划、建设和投资的长期合作关系，据不完全统计，截至 2016 年底，中国的公司承建了近 200 项国际水电工程，占有国际水电市场 50% 以上的份额。

中国电建承建的厄瓜多尔辛克雷水电站首批 4 台机组于去年投产发电，标志着中国水电成功进军南美中高端水电；中国电建投资建设的南欧江梯级电站投产，开创了中国企业在境外全流域规划开发电站的先河；三峡集团成功中标巴西 500 万千瓦水电项目 30 年特许经营权，造就了中国水电迄今为止最大的海外并购，该项目使水电继高铁之后成为中国践行“一带一路”的又一张名片。

全球在建的 200 米以上的高坝有 77 座，中国企业承建的超过 1/3，且中国承建的 200 米以上的高坝没有交过重大“学费”。国际上招投标的水电水利项目 70% 都是由中国承建。

不难看出，中国企业在全球水电建设中越来越多地扮演着领跑者角色，成为推动世界水电发展的重要力量。

然而，长期以来中国水电行业却被认为是一个闷头干活的领跑者。“中国在非洲援建了一些水电项目，因为宣传不够，当地人认为是自己国家修建的，还和我们炫耀说，他们建成了 15 层楼高的大坝，很了不起，你们中国有没有？”水利水电第五工程局一位工程师向记者讲述了他的经历。

为什么水电从业者会有这样的无奈？

表面看是宣传不到位，而实质却是“中国水电技术标准在国际上的影响力不够，距离全面成套标准‘走出去’还存在较大差距。技术标准已成为我国水电对外技术交流和参与国际市场竞争的主要瓶颈之一，目前迫切需要中国水电标准体系同国际接轨。”水电水利规划设计总院院长郑声安表示。

“干得好，还要会推荐自己”

中国水电标准在海外工程项目中的应用，受制于东道国的电力法规、工程项目法规、电力装备制造政策、项目业主要求以及对我国技术标准的了解和熟悉程度等因素影响。总体而言，中国水电“走出去”标准在国际上的影响力偏低。

行业专家呼吁，作为世界水电大国和世界水电技术强国，中国亟需加强我国水电技术标准的国际化研究，补足中国水电技术标准国际影响力不够的短板，助力中国水电“走出去”。

对于如何加强中国水电技术标准的国际影响力，国际大坝委员会主席贾金生建言：“推动中国水电标准‘走出去’要有国际化视角，要先整合升级中国的水电技术标准，然后再与国际主流的技术标准对标。”

当前世界上没有固定的国际水电技术标准，欧洲、美国、前苏联、巴西都曾经引领过国际标准。当前，中国的水电技术标准处在引领地位，这需要我们更加主动在国际水电市场扩大应用中国标准。

“国际化是要让国际水电水利界的权威了解我们的水电技术标准，了解标准中的科学性、合理性，而不是强加于某方。只有理解和了解我们的水电技术标准之后，才能有合作，才能吸引更多的人愿意接受中国水电技术标准。不能再关起门来干了，干得好，还要多交流，会推荐自己。”贾金生表示。

补齐短板 再上台阶

好在中国水电标准国际化的征程已经起航。

前不久发布的《水电发展“十三五”规划（2016-2020年）》中明确提出：“坚持开放发展，加强国际合作。以‘一带一路’建设为统领，推动水电装备、技术、标准和工程服务对外合作。”

今年2月，国家能源局已委托水电水利规划设计总院组织开展“中国水电技术标准”“走出去”研究工作。

水电行业也普遍认识到了标准国际化工作的重要意义。中国电力建设股份有限公司教授级高级工程师楚跃先表示：“一套完整、翻译精良的中国水电技术标准将有利于消除技术壁垒，使更多的国际水电工程项目接受并采用中国技术标准。”他还讲述了自己的亲身经历：“我前一段时间去老挝，对方知道中国的水电建设能力很强，但是苦于找不到中文标准，更不要说翻译好的中国水电技术标准了，这真是互联网时代所不应该发生的。”

据悉，为了一改闷头干活的形象、提高中国水电技术的国际竞争力，水电水利规划设计总院正牵头开展“中国水电技术标准”“走出去”研究工作。此次在提升中国水电技术标准国际化水平的过程中，水电水利规划设计总院将初步搭建水电技术标准的中英文查询平台。

王海霞 中国能源报 2017-03-30

## 风能

### 我国东北地区首个海上风电项目启动

中国长江三峡集团公司三峡新能源大连庄河3号海上风电项目30日在此间启动，这是我国东北地区首个海上风电项目。

据介绍，三峡新能源大连发电有限公司将建设总装机容量为300MW(兆瓦)的海上风电场及海上升压站、海缆线路及海上集电线路等附属设施，计划安装单机容量为3兆瓦-5兆瓦的大功率风电机组共73台，计划总投资51.4亿元。庄河市政府与中国三峡新能源有限公司于2015年5月签订《授予大连市庄河海域海上风电场项目开发权协议》，2016年12月28日，三峡新能源海上风电场址3号项目(300MW)获得核准。该项目是三峡集团在我国东北地区首个海上风电项目，也是三峡集团海上引领者项目的第二个项目。

大连庄河市海域海上风电场工程规划于2013年7月获国家能源局批复，该批复同意大连庄河市海域海上风电规划8个风电场，总装机容量190万千瓦，系辽宁省唯一批复规划的海上风电项目，其中，布局筹建庄河市近海2号、3号风电场，装机容量各30万千瓦，总装机容量为60万千瓦。

中国三峡新能源有限公司副总经理王益群在接受采访时说，该项目计划于2018年6月首批机组进行并网发电，2019年全部机组投产发电，预计3年内30万千瓦风场将全部建设完毕。全面投产后年上网电量超过7亿千瓦时，预计年利用小时数2400小时，与相同发电量的火电相比，每年为电网节约标煤约23万吨、减轻排放温室效应性气体二氧化碳62.7万吨，灰渣5.4万吨，节约用水20.5万吨，对于降低煤炭等一次化石能源消耗，改善电网电源结构，降低环境承载压力具有积极意义。

庄河市长赵永勃表示，资源优势与产业优势的良好结合，有助于缓解东北地区能源、环境压力，促进能源利用方式转变、优化产业结构、推进产业转型升级，加快区域经济社会发展。

新华网 2017-03-31

### 联合动力荣获“低风速时代十大技术创新奖”

3月21日，“首届低风速前沿技术与应用创新论坛”在京举行，在该会上联合动力自主研发的“低风速兆瓦级风电机组关键技术研究及机组研发项目”荣获“低风速时代十大技术创新奖”。

联合动力本次获奖的“低风速兆瓦级风电机组关键技术研究及机组研发项目”于2014年正式启动，以突破低风速机组研发的技术瓶颈为研发目标，以降低度电成本、提升风电场盈利能力为产业化目标，从高效率、高可靠性、环境适应性、易维护性四大方面的20余个创新方向开展科研攻关。获得核心专利授权20项（发明专利14项、实用新型专利3项、软件著作权3项）、制定国家标准2项。依托该项目而研发的UP2000-115和UP2000-121机型成为联合动力开拓低风速市场的主力机型，为客户带来了更高的投资收益和更低的度电成本。

据悉，本次论坛“低风速时代十大技术创新奖”及“2016全国十佳低风速风电场”两大奖项，由《能源》杂志和领航智库联合权威机构共同评选。在联合动力除斩获“低风速时代十大技术创新奖”的同时，使用了联合动力自主研发设计制造的风机的“龙源电力安徽全椒风电场”和“国电电力诸城风电场”均被大会评选为2016全国十佳低风速风电场，再次体现了联合动力质量性能兼优的风机品质。

未来，联合动力将紧贴时代需求，坚持以创新的思路和举措驱动发展，通过不断开发自主知识产权的技术，为中国风电产业发展起到更大的推动作用。

黄惠 白琮琰 中国能源网 2017-03-23

## 联合动力自主风电机组可利用小时位列多省第一

3月22日，从国电联合动力风电运维现场传来捷报，由联合动力自主研发制造的风机2016年可利用小时数位列多省第一。

国电广西玉林大容山风电场位于玉林市境内的大容山区域，大容山风电场采用联合动力UP1500-82风力发电机组，2016年平均风速6.99m/s，年可利用小时为3285h，位列广西壮族自治区第一名。

国电龙源黄甲岭风电场采用联合动力UP2000-105机组风机，2016年可利用小时数3235h，位列湖南省第一名。

江苏国信黄海农场一期风电场，位于江苏省盐城市响水县，该风电场采用联合动力自主研发的UP2000-115机组，2016年该风电场平均风速5.15m/s，年可利用小时数为2653h，可利用小时数位列江苏省第一名。

伴随中国风电开发进入低风速时代，联合动力紧贴时代需求，集中精力打造质量性能兼优的风机产品，为业主带来更高的投资收益率和更低的度电成本，不断用创新的技术和优质的产品推动中国风电产业持续发展。

黄惠 白琮琰 中国能源网 2017-03-23

## 明阳 MySE 系列风机荣获低风速时代十大创新奖

中国能源网 | 3月21日，2017“低风速前沿技术与应用创新论坛”在北京召开。论坛上公布了“低风速时代十大技术创新奖”获奖名单，明阳 MySE 系列风机凭借“先进的半直驱技术特性及高可靠、高效率的实际应用优势”，为推动低风速风电场成为普惠制能源的新典范创造了新的可能，深受行业专家认可和赞许。本次“低风速时代十大技术创新奖”评选活动由国资委旗下权威媒体机构《能源》杂志主办，经过严密组织和行业专家客观公正评审，具有极高的权威性和行业认可度。



这是 MySE 系列风机斩获“全球最佳海上风机银奖”后再获殊荣。一个个奖杯接踵而至，MySE 风机可谓是实至名归。荣誉和成就背后，是明阳人数年如一日的坚持，是明阳人锐意进取、创新突破的能作为。

突破，永无止境

产品的出生即决定其一生。明阳人始终坚持用高端制造的系统哲学理念，打造全优产品与服务，为客户持续创造价值。

明阳 MySE 系列风机以最佳的半直驱传动链技术为平台，综合叶片、整机、智能控制、基于状态运维等一系列先进技术，在实现低风速区域优异的发电性能和高可靠性基础上，基于机组先天优异的结构特征成功解决了运输、吊装、盐雾、沙尘、凝冻等一系列环境适应性问题。

MySE 系列风机具有四大优势

一、巧妙的结构设计

MySE 系列风机采用业界大兆瓦机组普遍应用的、最为成熟可靠的传动链技术---半直驱技术，该技术综合借鉴了传统高速传动单元机组及直驱型机组的优点，采用低速比发电单元和主轴一体化设计，驱动中速永磁发电机，使得机组具有先天的高可靠性优势及运输、吊装、防盐雾等特性。

二、先天的效率优势

叶片利用高效翼型、兼顾发电效率与系统载荷的气动外形优化，为低风速、高湍流等多种环境条件提供优化解决方案。

同时半直驱的传动设计使风轮可以在更宽的转速范围运转，确保机组在低风速段内追踪最佳  $C_p$

值高效发电，在全风速段发电效率高出其他机组 5%以上。

### 三、领先的智能控制

MySE 系列风机采用世界最先进的基于模型控制的策略（MBC），机组运行时可根据所处位置的风速、湍流、风切变、温度、气压等外部条件的变化进行自寻优调整，确保机组始终运行在最佳效率点，发电量较采用其他控制策略的机组高 5%~8%。

### 四、优异的可靠特性

MySE 系列风机采用中速传动，集成主轴轴承，高效可靠。

“不同于一般的半直驱机型，基于多体动力学软件在风电机组设计领域的应用，MySE 系列机组设计之初就充分的考虑了各个部件的安全冗余，在确保高可靠性的条件下，可以实现同类机组最大叶轮直径叶片的搭载和发电功率提升，如专门针对超低风速的 MySE3.0-145 风电机组，风机直径可以达到 145 米，成为同级别全球最大风轮直径的机组，在年平均风速 5m/s 左右的风电场，年等效可利用小时可以达到 2100h 以上，这得益于风机先进的传动链设计。” 明阳风电 CTO 张启应在接受媒体记者采访时表示。

成熟，久经考验

基于 MySE 系列风机的应用定位，在设计之初明阳风电就将产品的高可靠性、高发电量、智能控制作为核心，确保成就产品先天的技术与效率优势。

2008 年，在国内各大整机商还在为“直驱、双馈谁更好？”的命题争论不休的时候，明阳风电积极创新，经过充分的调研与研究后，基于中国风况特征综合直驱和双馈的技术优势，摒弃劣势，科学的选择了最佳的技术路线---半直驱传动技术，此后就投入实际运行验证，不断优化升级。

同时，MySE 系列机组中速齿轮箱与普惠航空发动机齿轮箱结构有异曲同工之妙，充分展现出 MySE 系列机组设计之初所秉承的高可靠基因植入。

MySE 系列机组目前已经批量运行于广西恭城、三峡四子王旗、内蒙克什克腾旗等风电场。在广西恭城风电场实现无故障运行小时超过 1000h；在三峡四子王旗风电场平均发电量超出同级别其他机组发电量 20%以上；在内蒙克什克腾旗风电场更是在零下 25 度的严苛环境条件下，机组可利用达到 99.5%以上，真正的实现了风电场无人值守，持续的为客户提升收益，创造价值。

截止目前，MySE3.0-121 抗台风型风力发电机组和 MySE3.0-135 低风速型风力发电机组都已获得鉴衡认证颁发的型式认证证书和设计评估证书。

2017 年初，MySE3.0-135 这款搭载了先进半直驱风机技术和世界上 3MW 级捕风能力最强的风轮系统的风机获鉴衡认证机构颁发的型式认证证书，标志着我国适用于复杂环境的大型混合驱动风力发电技术达到全球领先水平。

师夷长技以自强 跨界求突破

2016 年我国风电新增装机 2337 万千瓦，连续六年稳居全球第一装机大国宝座。而在十年前，风电十分弱小，还是被大家看低的补充能源。这一巨变离不开一代代风电人的不断探索、不断突破。

一直以来，欧美是全球风电技术的中心，要想实现中国风电技术的超越，须得“师夷长技以自强”。明阳风电近年来积极参与国际能源署课题，加强与 Fraunhofer、ECN 等国际顶尖技术研发机构合作，在世界风能大会发声，不断加强国际风电技术交流。

与此同时，明阳风电目前在全球设立了四个研发中心，全力潜心钻研先进技术。并且，不断引进国际知名的叶片技术、控制技术等行业专家，大大增强了研发实力。MySE 系列风机研发拥有全设计流程的研发团队及专家小组，这也为该款机型的成功研发提供了强有力的技术保障。

此外，明阳风电 MySE 系列风机设计生产中还借鉴了汽车生产、航空领域先进生产经验和成熟的管理体系，使得 MySE 风机拥有更高的品质和可靠性。

为了更加集中优势力量专注高端产品研发、制造、应用，2016 年初，明阳风电专门成立子公司德风科技， 并立志像“大众旗下的保时捷 ”一样将其打造为明阳风电高端技术创新的主战场。明阳风电 CTO 张启应兼任德风科技总经理，以技术和质量为先导，持续强化 MySE 系列风机优秀基

因，秉承“一次就做对”的理念，持续为客户创造价值。

锐意进取 乘风破浪会有时

MySE 系列风机是明阳风电主打的应用于低风速、海上风电领域的智能风电机组。目前 MySE 系列产品有 MySE2.5-121、MySE3.0-112、MySE3.0-121、MySE3.0-135 等几款产品，可以适应海上、抗台风、低风速、超低温、高原等不同的运行环境，而且均已获得权威机构颁发的市场准入的型式认证、低电压穿越、电能质量等报告。

此外，代表低风速时代最佳风电机组的 MySE3.0-145 机型将在 7 月份挂机运行，明阳风电在半直驱技术领域和低风速风电机组开发领域的领导者地位将进一步凸显。

2017 年上半年，即将推出 MySE5.5-155 抗台风机组，基于此平台在年底还将推出 MySE7.0-155 抗台风机组以及应用于长江以北非抗台风地区的 MySE5.5-17X 机组。

乘风破浪会有时，直挂云帆济沧海。明阳集团将一如既往地秉承“发展绿色能源，造福人类社会”的企业使命，继续坚守产业报国的壮志雄心，专注开发可再生绿色清洁能源，为建设天蓝、地绿、山青、水净的美丽中国而不懈奋斗！

李洁琼 中国能源网 2017-03-22

## 中国海上风电发展加速 带动全球装机量破 15GW

近年来，新能源在电力行业的占比逐年稳定提升，从全球范围来看，尤以风电和核能的发展较快。风电主要分为海上风电和陆上风电，相对于陆上风电，海上风电的资源量以及供应情况更为稳定。

一、中、德海上风电规模持续扩张，带动全球海上风电发展

根据前瞻产业研究院《2017-2022 年中国风电行业市场前瞻与投资战略规划分析报告》数据显示，全球海上风电装机容量从 2009 年的 2215MW 已经上涨到了 2016 年的 14384MW，复合增长率达到 30.64%。

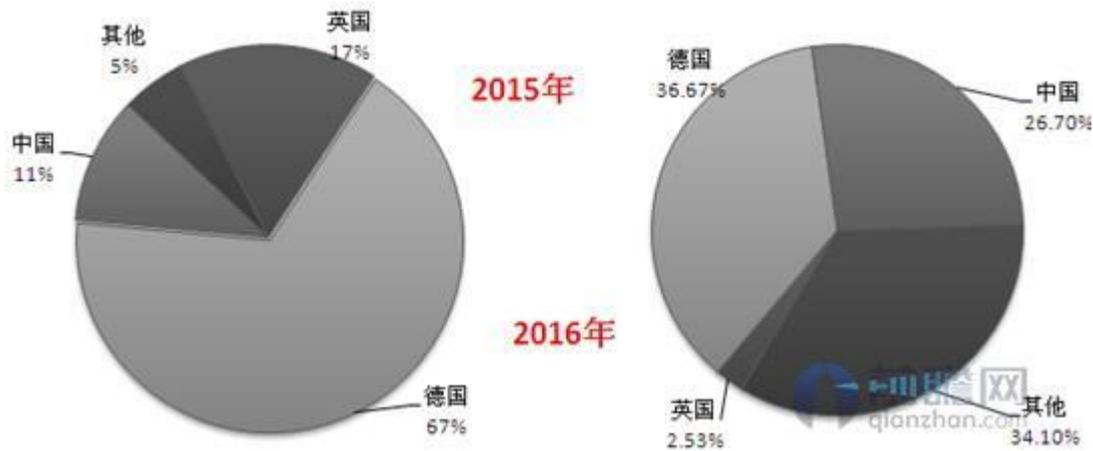
图表 1：2009-2016 年全球海上风电累计装机容量（单位：MW）



资料来源：全球风能理事会前瞻产业研究院整理

近几年来，海上风电全球装机量的上升动力主要来自于德国、中国和英国等地区。全球 2015 年和 2016 年的新增装机容量分别为 3392MW 和 2217MW，中国地区新增装机量从 361MW 上涨到 592MW，在全球新增占比从 11% 上涨到了 26.70%。

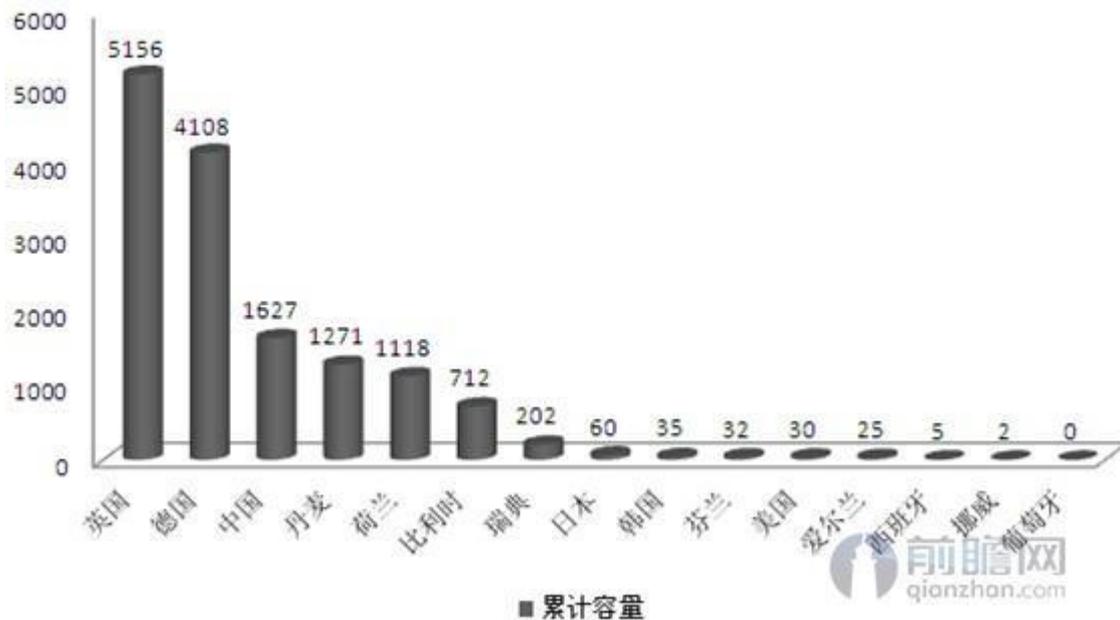
图表：2015-2016 年全球海上风电装机新增容量分地区分布情况（单位：%）



资料来源：全球风能理事会前瞻产业研究院整理

尽管中国、德国等地区海上风电发展明朗，但是英国以历史发展优势仍稳做海风装机量首位。中国 2016 年海上风电累计装机容量超过丹麦正式位列全球第三，但是相较英国和德国还有较大差距。

图表 3：2016 年全球海上风电累计装机容量分地区情况（单位：MW）



资料来源：全球风能理事会前瞻产业研究院整理

## 二、大规模、大功率、深海以及离岸化趋势引领海上风电发展

随着技术的发展，海上风电装机的诸多难关被一一破解之后，海上风电装机情况就迎来飞速发展，未来时间内，海上风电发展的大规模化、大功率化、深海化以及离岸化趋势会愈加明朗。

以欧洲发展情况来看，风电场平均规模从 2006 年的 46MW 上涨到了 2016 年的 12631MW，足足上涨了超过 270 倍；

海上风电的平均单机功率从 2004 年超过 2.3MW，到 2016 年上涨到接近 4.5MW，单机功率上涨也近两倍；

2009 年，海上风电场的平均深度为 12.2M，到 2011 年为 22.8M，再到 2015 年，平均深度已经达到了 27.2M，截止到 2016 年，海上风电场深度均值已经接近 28M，开始逼近 30M 大关。

随着技术的发展，海上风电场建设离岸距离越来越远，从 2009 年的 12.7KM 上涨到 2015 年的

43.3KM，未来时间内，新建风电场的离岸距离会越来越远，以求能源转换的最大化。

### 三、各地区海上风电建设规划落地，项目招投标市场火热

根据上海、江苏、浙江、山东和福建提出的海上风电发展规划，到 2020 年海上风电装机 2580 万千瓦。辽宁、天津、河北、广东、广西、海南等六省开展海上风电规划，到 2020 年海上风电开发潜力 920 万千瓦。到 2020 年，我国海上风电开发潜力为 3200 万千瓦。

图表：2020 年各地区海上风电规划容量（单位：MW）

地区	2020年规划容量 (MW)
上海	1550
江苏	9450
浙江	3700
山东	7000
福建	1100
其他	10000
合计	32800

资料来源：前瞻产业研究院整理

根据中国海上风电网发布中国海上风电招标截止到 2017 年 1 月底的招标信息可知，招标信息有 21 项，中标信息有一项。

图表：截止到 2017 年 1 月末中国海上风电项目招标情况详情

项目名称	建设等级	开建年份	截止年份
广西兴安界首（100MW）风电场项目（寻变压器）	行业中等标准	2018年	2019年
阿拉善100MW风电项目（寻风电机组）	行业中等标准	2017年	2018年
金海吉木乃一期49.5MW风电项目（寻发电机组）	行业中等标准	2017年	2018年
总投资约4亿元风电场新建项目（寻风电机组）	行业中等标准	2017年	2017年
山东省风电场一期工程优化增容40MW项目（寻变压器）	行业中等标准	2017年	2017年
总投资约3.9亿元山东省风电场项目（寻设计院）	行业中等标准	2017年	2017年

河南省52MW风电项目（寻风电机组）	行业中等标准	2017年	2017年
江西省48.4MW风电项目（寻变压器）	行业中等标准	2017年	2018年
总投资约4900万元产业园智能微网项目（寻风电机组）	行业中等标准	2017年	2018年
总投资约4.8亿元广东省风电场项目（寻设计院）	行业中等标准	2017年	2017年
丰宁喇叭沟风电场项目48MW项目（寻设计院）	行业中等标准	2017年	2018年
瓜州400MW项目（寻风电机组）	行业中等标准	2017年	2018年
宁夏200MW风电项目（寻电线电缆）	行业中等标准	2017年	2018年
江苏省100MW风力发电项目（寻风电机组）	行业中等标准	2017年	2017年

总投资约9亿元四川省风电场项目（寻变压器）	行业中等标准	2017年	2018年
安徽省50MW风电项目（寻变压器）	行业中等标准	2017年	2017年
山西省山一期50MW风电项目（寻设计院）	行业中等标准	2017年	2018年
河南省济源苏岭风电项目（寻风力发电机组）	/	/	/
山东省风电场新建项目（寻设计院）	/	/	/
河南三门峡50MW风电场项目（寻变压器）	/	/	/
新乡卫辉东控马48MW风电场项目（寻变压器）	行业中等标准	2017年	2018年

资料来源：前瞻产业研究院整理

#### 四、三峡集团以及五大发电集团近年来风电投资情况

2015年10月，三峡集团与葡电签署协议，双方共同投资40亿英镑（约合372.69亿元人民币），开发英国Moray海上风电项目。

2016年3月，华能与平湖市签订战略合作协议，在平湖市境内开展风电分布式能源等能源项目的开发建设。

6月，三峡与黑石集团签订《关于德国海上风电项目投资合作协议》，黑石集团通过竞标方式转让其所持德国Meerwind海上风电项目80%股权；华能与海装风电签署《海上风电合作框架协议》，双方进一步深化风电项目规划建设合作。

8月，三峡与舟山市岱山县签署《浙江省岱山县2#海上风电项目投资协议书》。项目装机32万千瓦，总投资59亿元。

9月，大唐山西平顺二期30MW风电项目、凉山首个山地百万级风电项目分别开工。

10月，华电正式签署国电投18亿元400MW海上风电工程施工合同。

11月，大唐与海装风电签署合作协议，双方将进行项目、设备、资金等全方位合作。

12月，华电最大风电项目—华电福建福清海坛海峡300MW海上风电场项目获得核准；国电广西龙源三江独峒风电项目获核准，拟安装40台单机容量2500千瓦风电机组，同期配套建设1座220千伏升压站，接入南方电网运行，同时，国电河北新能源山西寿阳松塔风电项目、陕西新能源雷家山风电项目均获得核准。

前瞻网 2017-03-31

## 别任性，低风速风电开发要注意的还有很多

“从总量来说，我认为‘三北’地区还是未来中国风电发展重要的区域，但是在短期内，‘三北’地区弃风限电没有缓解的情况下，建设重点应向中东部转移。”国家发改委能源研究所能源经济中心主任高虎在日前举行的2017低风速前沿技术与应用创新论坛上表示。

在与会的多位企业代表看来，中东部和南方地区以低风速为主，开发没有国际先例可循的低风

速风电，对中国风电行业来说，既是机遇，也意味着挑战。

#### 避免行业起伏 以空间换时间

国家电网能源研究院新能源研究所所长李琼慧表示，“十二五”时期风电快速发展的同时也面临诸多问题，其中，弃风问题和补贴落地问题最为严重。

在她看来，“十三五”时期对于风电来说是调整期，一方面要解决“三北”地区风电存量问题，另一方面通过技术进步，在中东部和南方低风速地区推进。不论是政策上还是发展的布局优化上，都需要为“十四五”进一步发展奠定良好的基础。

“低风速风电开发可以看作是以空间换时间，避免在以资源导向开发之后出现行业大起大落，实现风电行业的可持续发展。”华电福新能源股份有限公司副总工程师张文忠表示。

高虎也认为，在“三北”地区开发出现暂时性困难时，中东部和南方区域低风速开发就变得非常关键。只有这样才能保证每年新增风电装机量稳定在一个合理水平，避免大起大落造成对行业的伤害。

按照规划，“十三五”末累计风电装机将达到 2.1 亿千瓦。据李琼慧透露，全国累计核准风电项目实际已经超过 2.1 亿千瓦的目标，包括几个弃风大省拿到的核准项目规模都实际超过了能源局风电规划里分省目标。

实际上，发展中东部和南方低风速风电正是在“三北”地区弃风限电情况下，风电行业不得不做出的战略转移。

“解决风电消纳问题，一方面靠调整优化布局，转战消纳条件好的低风速分散式风电；另一方面更重要的是，要减缓弃风地区新建项目的节奏。如果弃风地区没有增量的话，通过一段时间存量消化，就可以有效解决弃风问题。”李琼慧表示。

#### 低风速面临多方面挑战

在业内看来，中国的低风速风电开发不仅在世界上开创了先河，而且的确引领了全球在低风速领域的技术创新。不过，作为先行者，同样也要面临先行者的挑战。

张文忠认为，从 2014 年、2015 年开始，我国低风速风电开发明显提速，预计低风速开发的黄金时代能够持续到 2020 年左右。

中车株洲所风电事业部的一位技术负责人告诉记者，南方低风速风资源区开发大部分基于丘陵地带、复杂地形，对微观选址、风场投资建设模式要求更高。此外，冰冻、高海拔等因素也要考虑。

“对于低风速风电场来说需要达到 1800—2000 满发等效小时数，才具有经济性，这意味着机组选型和微观选址相当重要。”该技术负责人表示，“低风速风场，风机叶片越来越长，对机组的安全性和可靠性必须更加重视。”

“低风速风电开发和地形复杂是孪生兄弟。低风速风电场要实现盈利的确面临很多挑战。”张文忠说。

大唐新能源试验研究院资源及技经研究所所长王吉远表示，低风速风电场中很大部分是复杂地形的风电场，这意味着造价不可控，开发后会发现造价比预期增加。由于地形起伏比较大，对选址会带来很大难度。此外，湍流强度比较大，振动比较高，导致风机在实际出力过程中可靠性容易出现问题。

张文忠表示，低风速风场，意味着更低的能量密度，要转化为电能，难度非常大。“这一方面要求在技术上不断突破；另一方面要重视产业链建设，在产业上形成一种协同效应。”

张文忠告诉记者，低风速区风能资源和情况是非典型的，具有多特性，环境也是千差万别，这就对风机性能有特殊要求。要提升风机对当地资源条件的适应性，就要进行风机定制化生产，这会直接导致成本增加。“如何在不增加成本的情况下，提供适应性良好的定制化风机，需要行业思考。”张文忠说。

此外，也有与会人士提出，在低风速开发中，经常采用高塔筒、长叶片技术方案，这对机组的稳定性和寿命会产生什么样的影响，仍需要验证。

在张文忠看来，风电开发中，面临的一项重大成本是财务成本。国内金融环境不理想、融资成本高，也会给处于盈亏点边界的低风速风电开发带来更多不确定性。

考验整个流程的精细化

那么，如何应对低风速风电开发带来的挑战？

王吉远表示，一是要做到精准测风，二是要做到发电量精准评估，第三要做到风电场精细化设计。

张文忠认为，要做好风资源评估，选址和机型布置达到更精准的程度，就要尽量保证测风塔立得足够多，测风时间适当延长。此外，再加上激光雷达测风，好的风速评估软件。争取在各个环节做到极致，才能保证对风资源掌握更透彻。

“在低风速风电场，如果对发电量计算精度不够精确，风电场就不具备抗风险能力。这没有任何捷径，只有通过大量后评估分析特性，通过大量后评估积累经验才能把精准评估做好。”王吉远说。

目前，中广核风电集控系统对 6000 多台风机实现了接入，很好地降低了运行成本。中广核新能源控股有限公司运维事业部副总经理周志刚在分享中广核的经验时说，通过集中运维和 EB 指标系统，能够实时监控和反映风场的发电能力、设备健康状况和管理能力，全面实现了生产指标管控。

“通过与专业化公司合作，加快部署集中功率预测，使预测准确率得到极大提高。”周志刚介绍说。

在中国电建北京勘测设计研究院新能源工程公司资源规划室主任许路石看来，对于低风速风电开发而言，要保证最终的项目收益，从前端测风到设备选型再到后端运维，整个流程都必须比传统风电开发更加精细。

短评：开发低风速不能任性

无论是处于主动战略转移，还是处于“三北”地区弃风限电现实所迫，“十三五”期间，推进中东部和南方地区低风速风电开发已成为行业不可扭转的现实。

可以说，低风速是中国风电行业独创的概念，在国际上也鲜有先例可循，但正是凭借敢为天下先的精神，近几年来，中国风电行业在低风速风电领域取得了一系列重大突破，引领了该领域的全球技术创新。具备开发经济性的低风速区域从 6.5 米/秒下探到 5 米/秒以下，并且还在向更低风速下探；整机制造商推出一系列为低风速风区量身定做的低风速甚至是超低风速风机；高塔筒长叶片技术被广泛应用；甚至连一向高高在上的跨国巨头们这一次也俯下身，跟随中国风电行业的步伐，适时推出适应中国低风速市场的技术和产品。

俗话说，靠山吃山靠水吃水，有什么样的资源就能催生什么样的产业。从国际实践来看，风电开发也本是资源导向型行业。比如，欧洲土地资源有限因此很少建设类似于中国“三北”地区的大型风电基地，而多是分散式风电项目；英国作为岛国，海上风资源优势得天独厚，因此大力推动海上风电开发。

值得注意的是，我国能源行业不同于其他行业，其资源富集地和市场消费地是分离的，这与我国的能源禀赋以及电源和负荷的逆向分布有关。这也就给了中国风电行业一个理由，既然资源富集地发展受限，那就到更接近负荷和市场的中东部和南方地区发展。低风速风电开发因此在很多人眼里，成了“有条件要上，没有条件创造条件也要上”的成功典范。

在低风速风电开发的热潮中，不仅开发企业有如过江之鲫，整机制造商也纷纷瞄准这一市场，竞相推出低风速甚至是超低风速风机，设计单位乐于捧出某某低风速风场的成功设计方案。热闹的市场背后，必须看到的是，低风速地区不同于“三北”地区，不仅在于其风速低，还在于其地形的复杂性，环境的迥异性，这就要求其开发设计、风场选址、风机选型、机组排布都要有个性化的方案，这势必造成隐性成本增加。

正如业内人士所言，开采地形简单风速高的风电富矿，成本少、技术门槛低、风险小；开采作为贫矿的低风速风电，则是成本增加、技术门槛高、风险大。因此，需要企业抱着审慎的态度，秉持科学的精神，避免急功近利，一拥而上，更不能随意任性而为。

况且，风电场的设计寿命通常是 20 年。目前，我们没有一座低风速风电场经历了这样一个完整的使用寿命。高塔筒长叶片技术对机组寿命是否有影响？复杂地形风场运维还将面临哪些挑战？种种疑问和顾虑尚需实践检验，需要时间给出答案。

很难说，是技术催生了市场多一点，还是市场需求倒逼了技术进步多一点。但可以肯定的是，技术不是万能的，我们在低风速开发的探索征程中，只是刚刚迈出了一小步，前方仍有太多未知。

当然，我们强调未知和风险，并不是要风电行业因噎废食，不敢前行。而是希望行业和企业装机量目标引导面前，更要静心静脑，提升风险把控意识，推进理性开发、科学开发。

张子瑞 中国能源报 2017-03-30

## 英国看好海上风电的“中国机遇”

中国拥有最宏大的海上风电发展目标，预计到 2020 年，全国海上风电开工建设规模达到 1000 万千瓦，力争累计并网容量达到 500 万千瓦以上。

英国是目前全球海上风电累计装机容量最大的国家，截至去年底，累计装机超过 5 吉瓦，占比超过全球总装机的 1/3。

海上风电正成为两国可再生能源合作的重要部分。

3 月 16 日，在密集的商务活动间隙，包括 Atkins、James Fisher、Cwind 等在海上风电咨询、设计、施工等领域广具知名度的英国企业集体亮相在中国媒体面前。来不及回答完所有的媒体提问，这些企业的负责人便要匆匆赶往下一场商务会见。

在英国国际贸易部和驻华大使馆的牵线搭桥下，最近几周，英国海上风电产业链上的诸多知名企业代表组团来到中国，他们希望把英国成熟的海上风电产业经验融入到中国的海上风电开发进程，同时也希望吸引更多的中国企业到英国去拓展海上风电市场。

“英国企业在海上风电项目的设计、安装、建设方面积累了丰富的经验，同时拥有超过十年的运维经验，中国企业在港口建设、风机制造、筒塔建设等方面展现了强劲的实力，两国的海上风电产业具有很强的互补性，可以实现共赢发展。”英国驻华大使馆能源参赞柯林娜说。

中国海上风电的降本潜力

中国目前执行的是 0.75 元和 0.85 元的海上风电标杆电价。对于处于初级阶段的中国海上风电来说，进一步降低成本是大势所趋。

除了降成本压力外，中国海上风电也面临一些其他挑战：复杂的海上风资源、项目管理急需改善、技术标准有待提高。

柯林娜告诉记者，英国海上风电的经验可以在开发阶段的咨询工作、风机及基础和电缆安装、离岸资产管理三个方面帮助中国海上风电实现效益提升。

“中国的海岸线长，风资源状况差异大，还有台风、冰雹等灾害天气，在这种条件下，中国的海上风电也必须体现出多样性设计。”与会的一位英方企业家表示，“在考虑风电项目成本时，不能仅仅盯着某一部分，比如有的海上风机基础本身虽然昂贵，但可以长期帮助机组节省运维的费用。因此，必须从全生命周期的度电成本最低来考虑。”

对于投资庞大的海上风电项目而言，设计不好是最大的浪费。据介绍，在开发设计阶段，在风资源评估、风电场环境和地质调查、升压站和基础结构设计、风电场布置等方面若得到专业咨询，都可以进一步挖掘降成本潜力。

国家可再生能源中心的一项研究显示，虽然通过技术创新、提高供应链竞争力和改善投融资都可以显著降低中国风电成本，但通过改善投融资可以获得更大的降成本空间。投融资在英国海上风电项目降成本的贡献率仅占 14%，在中国海上风电项目降成本方面的贡献率可高达 32%。

参与交流的英方企业家也认为，在降低成本方面，中国海上风电财务成本改善将比英国能发挥出更大的作用。

不过，需要注意的是，财务成本改善与技术及供应链的改善密切相关。伴随技术进步和供应链持续改善，风险和不确定因素的减少，财务成本才能得以大幅下降。

与会的英方企业代表告诉记者，随着海上风电装机保有量越来越大，对其进行离岸资产管理也越来越重要。这就需要使用系统储存及分析状态监测数据，以处理故障；对风机和辅助设施实施有计划的维护保养与计划外服务；做好离岸后勤保障。

#### 英国电价机制的启示

“在海上风电领域，英国企业交了 10-15 年的学费，可以说是在不断交学费的过程中积攒了成功经验。”一位与会的英方企业家称，“英国在发展海上风电早期，也曾出现了不少问题。比如，低估了开发海上风电的时间和成本；未研发所需特殊设备和技术；在不进行风险管理的前提下降低供应链风险。”

正是在问题中不断总结、学习，英国在海上风电领域取得了令世界瞩目的成就。

据介绍，英国此前成立了海上风能成本缩减工作组，作为政府与行业之间的合作联络点，以实现成本缩减。2012 年支持海上风能成本缩减工作组的英国皇家资产局对海上风能成本进行了详细评审。此次评审得出的结论是 2020 年项目成本可缩减至 100 英镑/兆瓦时。

不过，受供应链改善、大型风机和更好的离岸安装、运营优化等方面的驱动，英国海上风电成本目前下行趋势强劲，成本下降步伐比预计更快。最近 5 年，英国海上风电已经减少了至少 25% 的平准化电力成本。

目前，中国仍在摸索更为合理科学的海上风电价格机制。而英国推行的差价合约制度（CFD）在推动产业发展上取得积极作用，或许能使中国从中得到启发。

虽然过去十几年，英国政府都在补贴海上风电，但随着产业的发展，补贴模式也在不断变化。

据英国国际贸易部中国海上风电专家 Mike Hay 介绍，目前使用的差价合约制度于 2015 年推出。根据这一制度，在 15 年的合同期内，发电厂商就所发电量约定履约价格。履约价格可为政府制定的管制价格，或在合同需求高的情况下，可作为竞争性拍卖的清算价格。发电厂商将合同或电力购买协议下生产的电力销售给持有执照的电力供应商或贸易商。CFD 对手方（低碳合同公司）付款，补足履约价格和约定的参考价之间的收入短缺。

在与会的英方企业家看来，未来的海上风电将受益于最新采纳的为金融投资者提供稳定框架的机制，为海上风电项目提供指数化受监管的收入，规避批发价格风险。

#### 加强互动 共享经验

近年来，中国能源企业也日益展现出收购英国海上风电项目的浓厚兴趣。去年，国投电力收购 WFEUK 公司 100% 股权；中广核收购位于北爱尔兰的 Douvan 项目。

目前，英国已成为全球最具吸引力的海上风电投资地之一。预计到 2020 年，英国海上风电装机将达到 10 吉瓦。从 2014 年-2020 年，英国海上风电的投资商机将高达 160 亿-210 亿英镑。与此同时，创新的融资模式层出不穷。

在柯林娜看来，稳定且可预测的政策体制、供应链产能持续增长都是英国海上风电具备吸引力的重要保证。

“虽然全球海上风电兴起是最近 20 年的事情，但在海洋油气领域我们拥有更悠久的历史和经验，这些经验同样可以借鉴到海上风电领域。”一位与会的英方企业家说，“英方企业和中方企业需要加强互动，分享各自的经验，在我们助力中国海上风电开发的同时，也欢迎更多的中国企业去拓展英国海上风电市场。”

#### 记者短评

英国海上风电产业起步晚于丹麦、瑞典等国，但近年来发展迅速，一度接近全球海上风电总装机容量的一半。全球已经建起来的十大海上风电场中，英国占据七座。“英国经验”无疑值得处于起步阶段的中国海上风电学习。

不过，需要注意的是，经验可以学习，但模式很难复制。风电是适应性很强的技术。每个国家

的环境不一样，资源不一样，适用的技术、所采用的风机机型、所选择的施工方式可能都会有较大差别。因此，学习“英国经验”，更要学其精髓，学其思路，吸取其产业发展过程中的教训，从而避免我们再走弯路。

同时，必须意识到，要把经验真正学到手，并非开几次技术研讨交流会所能解决的，而是要有实实在在的渠道建设。

第一个渠道是“走出去”，中国企业到英国去直接投资海上风电场，通过购买或者参股英国的海上风电项目学习经验。亲身参与整个项目建设过程，可以帮助我们尽快捅破那层神秘的窗户纸。

第二个渠道是“请进来”，让包括英国在内的海上风电先进国家有经验的企业进入到中国，一起开发中国的海上风电。请这些外国企业和专家根据中国的海上风电状况，设计技术方案，共同开发，从中学习，以此获得更适合中国国情的技术和经验。

张子瑞 中国能源报 2017-03-21