

在国家的政策鼓励之下，当前我国的风电产业正在以令全世界惊叹的速度蓬勃发展，然而，高速发展的背后存在哪些问题？其原因何在？国家应如何从战略高度来制定发展政策？倪维斗、施鹏飞、徐洪亮三位专家分别给出了他们自己的观点。

中国风电发展的几个重要问题

——访中国工程院院士倪维斗

本刊记者 李彦 特约记者 谭伟

中国工程院院士倪维斗教授曾是中国环境与发展国际合作委员会（CCICED）能源组中方组长，长期研究和关注中国能源的可持续发展问题。在现有条件下如何结合中国国情与现实综合考虑，把各种能源都放到合适的位置，是倪维斗教授目前研究的主要问题之一。

在很多文章与场合中，倪维斗教授都提到：“煤现在是、将来（直到2050年或更晚）仍是中国能源的主力，虽然煤在总能源中所占的比例会逐渐下降（从70%下降到45~50%）。

‘以煤的气化为龙头的多联产系统’在近20年左右的时段中是解决能源短缺、改善环境的最佳模式。”在风电大发展的背景之下，应该如何看待风电等可再生能源与传统火电之间的关系？目前我国的新能源发展存在哪些问题？本刊记者专访了倪维斗教授。

记者：我国是煤炭大国，超过80%的发电能源来自煤炭。近几年超临界机组、超超临界机组的不断建设和投产，意味着未来电力能源消耗中存在一定的煤炭锁定效应。在这种发展的趋势下，要实现2020年我国可再生能源比重将达到15%的目标，如何去规划和布局风电发展？

倪：我们是煤炭大国，70%以上的一次能源来自于煤炭，就当前形势来看，煤炭将来还会有所发展，绝对量不会降低很多，甚至还要增加，但是所占比例会少一点。目前来看，现在我国能源总耗量是30亿吨标准煤，而现在我们生产30亿

吨原煤，原煤和标准煤的比例大概是0.7左右的关系，所以说，很明显，实际上现在煤炭占一次能源比重还是70%。这个比例要很快改变是相当困难的。

从现在到2020年还有10年时间，风力发电应该说在新能源里可以占据较大份额。2008年风力发电大概是120亿度电；2009年大概270亿度；2010年的数字还没有统计出来，但乐观估计能接近400亿度，发展速度是很快的。不过发展虽快，占总发电量比例仍然很低。2008年全国的发电量是3.5万亿度，风电120亿度，风电占总发电量的0.3%左右；2009年以4万亿度电来算的话，风电占0.6%左右；2010年预计比4万亿度多一点，风电占比接近0.7%。就目前的比例来看，风电是除水电外发展最快的可再生能源，在短期内要达到15%的比例的确是很艰巨的任务，主要力量还是得靠水电，风电要努力做。乐观地估计，预计到2020年整个风电的装机容量会达到1.5亿千瓦，今年风电装机容量估计能够达到3500万千瓦，10年时间从3500万涨到1.5亿千瓦，相应的电量也会快速增长。

当前我们国家发展很快，能源需求量很大，仅仅依靠风电来担这个担子还不够，担不动，所以火电还是要大量建设。但是从现在开始火电的利用方式必须要改变，不能一头扎在超临界、超超临界机组里面。必须要考虑煤基多联产、IGCC这种更加新型的、现代化的煤炭利用方式。不能完全煤的直接燃烧，而是要先把煤气化，气化

倪维斗

1950年入清华大学，1957年在苏联莫斯科包曼高工获工程师学位，1962年在苏联列宁格勒加里宁高工学院获涡轮机械专业技术科学副博士学位，1990年被俄罗斯圣彼得堡国立技术大学授予荣誉博士，1991年被选为国际高校科学院院士。

1962年至今就职于清华大学，历任讲师、副教授、教授、系主任、副校长、校学术委员会副主任。曾任国家煤燃烧重点实验室主任，中国动力工程学会副理事长，国家“攀登B”项目首席专家，北京市科协副主席，国家重点基础研究规划（973）专家顾问组成员，中国环境与发展国际合作委员会（CCICED）能源战略与技术工作组中方组长，教育部科学技术委员会主任。1999 被选为中国工程院院士。

倪维斗院士长期从事热力涡轮机系统和热动力系统动态学方面的研究。近十年来，倪维斗院士致力于能源系统和能源战略研究。



以后生成一氧化碳和氢气，这些可以做一部分化工产品，然后再发电。从某种意义上说两种方式发电的效率差不多，但是气化方式将来分离二氧化碳比较容易。煤的清洁利用，从现在往后二三十年是绝对重要的。

毫无疑问我们要尽可能的、大力发展可再生能源，但是想要达到15%的比例，还得依靠其他的可再生能源，以水电为主来做。目前水电在发展，风电也在努力发展，每年翻一番，但是因为能源需求太大，总量增加太快，所以不得不发展火电，比例上来看，最近这两年可再生能源比例反而在逐渐减少。提高可再生能源比重有两个措施：

首先，国家要采取相应的措施比如调整产业结构，节能等来控制总的增长量，总量不控制，新能源的增长量没有火电增长得多，比例就依然在缩小。比如说到2020年能源消费总量应该控制在40或45亿吨标准煤，如果总量变成60亿吨了，风电根本起不到应有的作用。其次，煤电要考虑便于将来捕捉二氧化碳的先进的煤炭利用技术，不能全部是超超临界。

现在风电的规划目标已经很大，到2020年风电达到1.5亿千瓦。现在中国风电装机容量居于全世界第二，排第一的美国大概是3500万千瓦，我们2009年底约是2600万千瓦，预计今明两年就会超过美国。但是我们主要的问题是要确保装的风机能够发挥作用，如果不发挥应有的作用，那就是争了世界第一也不能达到可再生能源的应有比

例。

可再生能源中除了小水电以外，集中力量搞风电是对的。首先从所占比例来讲，相比太阳能、生物能、地热能等其它可再生能源，虽说风电占总用电量的比例不到百分之一，但还是在可再生能源发电中排第一位，从0.3%到0.7%、0.8%，终究还有百分之一的可能性，其它形式的能源根本不可能达到这个量。其次从价格角度而言也应该是风电相对最便宜。现在一千瓦风电装机，在陆上装大概是六七千元；火电大概是五千元，而太阳能光伏的话是好几万元，成本高得多。还有人提生物质能燃烧发电，我是不太赞成的，个别地方搞一点可以，不会有什么太大发展。因为中国是小农经济，不像美国的大农场，可以跟电厂定合同，打包后直接送过去。中国一家家收集、运输十分麻烦，问题很多，故不适宜大规模推广，一些地方搞一些煤、生物质混烧是一个方向，但总体来说生物质能不会有很大份额。地热能、潮汐能、温差能等其它形式也都没法大发展，可以做示范。

综上所述，将来可再生能源除了水电以外，风能是最主要的形式。比较便宜，规模较大，有份额作用。但是风电究竟怎么用，是不是一定要并网？目前来讲大规模的风电开发是毫无疑问要做的，但是风电的使用应该多样化，不是说一定要并网，有些地方可以不并网使用，比如风电用于耗电工业，电解铝和氯碱方面等。一吨铝炼出来要一万五千度电，在铝资源丰富的西北地区，



晨光中的酒泉风电基地

就用风电来炼铝。另外也可以用来淡化海水，价格会比较便宜。北方缺水，在滩涂地方建风电场，直接送水上岸，不需要用电缆、变频，从送电变成送水，电解水的浓盐液就地分散排放，相比大工厂海水淡化集中排放带来污染要好得多。

其它用途还可以琢磨。比如现在流行的煤化工，需要氢和氧，用空分制氧很耗能。如果把风电和现代煤化工结合起来，用风电来电解水得到氢和氧。氧气用于煤气化，气化的介质是需要氧的，省去了昂贵的空分装置。氢用来调整煤气化后的合成所必需的氢碳比过程，少排二氧化碳。当前，制造一吨甲醇要排放二氧化碳2.5吨，理论上通过风电电解水可大大降低二氧化碳排放。就目前来看，考虑到风电价格较高，经济上不划算。但通过技术措施和全生命周期分析，包括减排二氧化碳的效益，降低成本的空间还是很大的。举这个例子是想说明，风电除了上网，还应积极发展不上网的多样化风电发展方式。

目前大家感兴趣的是大风电场，但是这些大风电场和负荷中心逆向分布，当地负荷不足，无法大规模就地消纳。比如甘肃酒泉，将来可能接近2000万千瓦的装机水平，本地无法完全消纳，电必须输送出来。因而必须加强配套设施的建设，建设线路，“风火”打捆等等，这又会引起不少问题和成本增加。一般来说，大型风电场要建设，但要解决好配套措施。中、小型风电也要积极发展，我们清华就有很好的中、小型风电技术，比如聚风风力发电机，在同样叶轮直径的条件下可以使风机出力增为3倍。这类风机可广泛用于边远农村、小城镇，几个千瓦的小风机配上蓄电装置即可使用。目前大家的思路还是局限于大规模风电而忽略了中、小型风电，其实应全面发展大中小型风电场。总而言之，我建议应该眼光放长远，思路拓广一些，并网与非并网并行发展，因地制宜，大中小风电场结合，拓宽风电发展之路，推动风电的快速发展。

提高可再生能源比重有两个措施：

首先，国家要采取相应的措施比如调整产业结构，节能等来控制总的增长量，总量不控制，新能源的增长量不如火电增长得多，比例就依然在缩小。其次，煤电要考虑便于将来捕捉二氧化碳的先进的煤炭利用技术，不能全部是超超临界。

记者：当前，风电大规模并网还存在一定的瓶颈，除了自身波动性、随机性等原因，还有电网建设相对滞后、消纳能力有限的原因。那么，如何去处理并网和非并网风电的关系，在我国风电发展过程中，如何协调两者的发展方向？

倪：主要就是要因地制宜。目前电网建设存在一定问题，相对落后。因为我国发展风电的条件和基础同欧美是很不一样的。以欧洲为例，由于季风原因，风力相对平稳、波动较小，而我国风力随季节和昼夜波动较大；欧洲电网比较坚强，而我国恰恰相反，风电丰富地区电网结构薄弱；欧洲大多是分布式接入，而我国专注于大规模风电场的集中接入。我国风力资源的分布与负荷分布不均衡，这是我们所面临的挑战，必须建立符合我国国情的风电发展方式。比如前面提到的，推动风电和煤化工的结合，促进就地使用。

由于利益关系，导致电网和电场发展不均衡。就风电来看，制造商受益最大，故民营企业很热衷风电制造。而风电运行商经济上受益相对较少，对大企业来说，他们也不在乎。但他们有其它的驱动力，如发展风电的政绩，风电占总发电量的比例，圈资源……目前虽然有国家补贴，但是考虑到风电发电小时数偏低，风电运行商收益有限，甚至做亏本生意，当前也仅有大型国有企业能参与到风电运行行业，民营企业基本无能力参与其中。

对于电网来说，风电的大规模接入需要电网加大基础设施建设，比如线路，备用电源，储能等等，这就增加了电网的成本，这显然会影响电网的积极性。因此，风电行业利益分配的不均

匀，导致风电消纳出现了一定困难。同时，国家关心可再生能源发电装机比例，导致各大发电企业、地方政府纷纷跑马圈风，在一定程度上推动了风电装机的无序扩张。我建议，国家应该有设备制造、运营、电网三方面的同步规划，协调三方利益，整体安排，同步推进。

我个人觉得，不要只盯着装机容量，而应该着眼于风电实际上网电量和关键技术的自主水平。只有掌握关键技术，保证接入能力，才能去推动装机容量的增加。必须明确这个本末关系，在政策上加以引导和改进。

记者：在陆地风电发展如火如荼的今天，如何看待海上风电？技术上的主要瓶颈是什么？现阶段，是否该大力提倡和推广？

倪：目前陆地上的圈风运动逐渐向海上风电转移。国外是陆地技术成熟后再开展海上风电，而我国则选择先下海再说。拿东海大桥的风电为例，政府在电价上给予倾斜，整个工程单位千瓦装机容量要2.3万元，远超过陆地风电造价。该工程更多的是形象工程建设。实际上，像台风问题、腐蚀问题、维护问题等等，我们都还不具备很成熟的技术。对于海上风电，我觉得是一个很大的系统工程，远比陆地风电要复杂，目前还未达到大规模推广的阶段。我建议可以采取：示范工程、经验总结、再大规模推广的发展路线，避免一拥而上，泛滥发展。

希望风电借鉴汽车工业、太阳能产业中的经验教训，提高自主技术水平，掌握风电关键技术，才能引领行业的发展。



聚风风力发电机

记者：我国风电和国外风电的水平差距具体体现在哪些地方？

倪：由于我国还没严格的质量标准体系，风电行业门槛相对较低，入门比较容易，但离真正地掌握关键技术，还存在较大距离。目前来看，我国风电水平和国外先进水平还存在较大差距，主要体现在设备水平、运营水平、检测、认证体系等等。比如：齿轮箱、轴承、叶片寿命，风场年发电小时数等等。对于我国风电水平的提高，我认为应眼光放长远，有序发展，速度慢一点，知识产权掌握好一点，规划合理一点。抑制一窝蜂地抢占市场、抢占份额的行为。

记者：在多种场合，您都表达了对我国新能源发展现状的担忧，特别是风电、太阳能“大跃进”式的过热发展，导致大量投资未落在实处。您如何看待这种现象，对于可再生能源的发展有何建议？

倪：发展可再生能源必须要考虑成本，而不

是专注于百分比达到多少。研究可再生能源的目的是什么？无非就是减少二氧化碳的排放，节约化石能源。但减少二氧化碳排放的途径不止可再生能源一条路。因此在我国，到底应该选择哪条路，还需要结合实际情况和经济代价，分阶段部署，切忌盲目迷信可再生能源。近期中期长期，到底采取什么路线来减少二氧化碳的排放？还得因地制宜，打破可再生能源的光环，考虑经济性，避免政治化。比如用玉米来做酒精开发新能源汽车这件事，我们应该意识到：粮食的种植需要水、肥料、机械加工，其在能源和水资源的消耗上非常大。玉米虽然每年都能生长，其实并非可再生，从其全寿命周期的角度来看，其背后有着大量其它工业和行业的支撑，要耗费其它的能源。我当年就反对这个提议，中国是人口大国，粮食是关键问题，决不能通过牺牲粮食来开汽车。总之，在可再生能源如何发展这个问题上，我觉得应充分考虑其经济性、可持续性，避免盲目短视，为短期利益而影响长远发展。■