

# 怎么给新能源拉一张新电网？

目前的一种常见思维是，当建设了足够的可再生能源发电设备后，碳排放问题就自然而然的得到了解决，我们就能实现“碳中和”。

这显然不可能。

事实上，大量的新能源发电设备的接入，会对当前的电网造成很大影响——放大灯在《如何从零造一台风力发电机》一文中就描述过，能源结构中高占比的风光电如何恶化了我国东北与美国得州的用电危机。因此，关于新能源并网，绝不是一个简单的“越多越好”的二元问题。

针对新能源发电的管理，2021年3月，中央财经委员会第九次会议上指出“要着力提高利用效能，实施可再生能源替代行动，深化电力体制改革，构建以新能源为主体的新型电力系统”——这正是解决方案。

“以新能源为主体的新型电力系统”是什么？有什么特征？要实现需要做些什么？在哪些领域有更多的机会？本文将对这些问题一一解答。

一、什么是以新能源为主体的新型电力系统

目前，新型电力系统仍然没有官方的明确定义，但各方共识基本集中于“新能源为主体”，这意味着我国电力系统的新能源占比未来将达到50%以上。

从发展阶段来看，“以新能源为主体”将分为两个主要阶段：

新能源装机占50%以上；

新能源发电量占50%以上。

然而在现阶段，从装机量看，2020年我国电源总装机22亿千瓦，其中风、光、生物质共占比26%；可如果从发电量来看，风、光、生物质的占比迅速跌到11%，与目标差距很大，可见未来的很长一段时间，大力发展风、光等新能源将成为构建新型电力系统的当务之急。

相对来说，只要考察得当，建设加速，以我国的新能源基建水平，将装机容量快速提升至50%水平并不困难。预计到2025年，可再生能源（含水电）装机就将超过50%，而到2035年，新能源的装机占比就可以提升到50%以上。

与装机相比，新能源的发电想达到50%以上则是一个更为长期、艰巨的任务，因为风、光等新能源本身就具有不确定性，其利用小时数远低于火电：统计数据显示，风电的年发电利用小时数约是火电的一半左右，光伏则更低，所以为了发同样的电，需要的新能源装机容量可能是火电的两到三倍。

然而如果新能源的占比真的如此之高，将给电力系统带来一系列艰巨的挑战。

二、新型电力系统建设面临的挑战

1. 不确定性带来的平衡难题

新能源有很强的波动性，出力忽大忽小；同时新能源天然也具有不确定性，你用电的时候不一定有风吹、有光照。当前电网中，新能源的占比还不高，火电机组就全权负责承受这种波动和不确定性：风光发电少了，火电就多发电。风光发电多，火电就少发电。

但是未来呢？如果新能源成为了我们最主要的电源，又该如何解决问题？

电力系统想正常运行，就涉及了两个重要的稳定概念：频率稳定，电压稳定。而传统的同步发电机是维持这两个稳定性的最大支柱。但风、光等新能源并不具备传统发电机维持电压和频率的能力，甚至接入会消耗大量无功，还可能破坏电力系统的稳定，为电力系统的安全带来风险。

频率稳定：是指电力系统受到严重扰动后，发电和负荷需求出现大的不平衡，系统仍能保持稳定频率的能力，主要由同步发电机中的调频装置负责。

频率与发电机的转速息息相关，一般的电机一般会维持3000转/分钟（1对极，50转/s），或1500转/分钟（2对极，25转/s）的转速，对应的则是电网供电的50Hz交流电。当供电的功率比用电功率低的时候，发电机的转速就会下降，将发电机巨大转子中储存的一部分动能转化为电能供给到电网里，转速下降带来的就是电压频率的下降，例如降低到49.8Hz，此时频率调节机构就会开始启动，对于火电厂就加大蒸汽的流量、对于水电厂就增加水流的流量，来输出更多的功率，让发电机加速，继而维持50Hz的频率。

然而，风电、光伏往往靠天吃饭，当频率下降的时候，没有额外的方式可以让他们输出更多的功率，其频率调节能力远远低于传统火电机组。

电压稳定：是指处于给定运行点的电力系统在经受扰动后，维持所有节点电压为可接受值的能力。它依赖于系统维持或恢复负荷需求和负荷供给之间平衡的能力。

发电机组在发电时，除了输出有功功率外，还会输出无功功率，而无功功率则是维持电力系统电压的核心。然而，风电、光伏基本上不具备为电网提供无功功率的能力，或者只能提供非常少的无功功率，在很多时候可能还需要从电网吸收无功才能维持运行，这就降低了电网电压的稳定性。同时，风、光发电的输出功率波动很大（由于风、光资源不稳定），功率发生变化也就会带来电压的波动，这会让电网电压更加的不稳定。

2. 电力电子设备接入的系统性问题

传统的电力系统及其分析理论建立在所有电源都是同步发电机的基础上，也就是说我们的分析与调控手段都是基于发电机转速下降/上升，线圈的磁场如何变化来制定的。

但新能源作为电源，他们依托了大量电力电子设备进行发电，比如双馈异步风力发电机、永磁直驱风力发电机里面都含有电力电子器件，而光伏的逆变器更是纯电力电子设备，当这些设备成为主流后，建立在“发电机转子转动惯量”“线圈磁通磁导”这样概念上的分析理论将不再适用，以往的调控方式也将难以应用于这样的新型电力系统。

例如我们前面说过，发电机拥有巨大的转子，里面在正常转动时储存了大量的动能，也就是所谓的“惯性”。当功率不足时，发电机转速下降，但损失的动能会变成电能继续供电，这就为调节争取了时间，但像光伏这样的新能源根本就没有“转子”，更无从谈起所谓的“惯性”了，所以原来的调节方式将不再适用，这也让新能源占比很高的电力系统变得异常脆弱。

三、新型电力系统建设的主要方向

1. 看得准

可再生能源的不确定性带来了新型电力系统中的很大一部分问题，那么最直接的思路自然是赋予电网确定性，也就是提高对发电能力预测的准确性。

举个例子，电网可以知道明天下午3:00风光端发不出电，就可以提前给旁边的煤电厂打个电话，告诉对方在这一时段提高多发电来弥补缺口。

电力预测是门技术活，需要结合气象、大数据分析、人工智能等一系列的新技术。事实上我们国家每个风电场并网，都要求他们对自己的功率进行预测，并且规定了必须达到的预测精度，每个省各有不同。下图是国家能源局东北监管局发布的关于风电预测准确性的考核。

而且要知道，如果预测总出错，是要罚钱的！例如河北南部电网，2021年2月风电场考核总费用就达到了422.54万元，所以风光电厂往往有很强的动力去提升自己的预测精度。

那么要如何进行预测呢？从技术角度说，我们可以将预测按照时间进行分类，分为超短期功率预测、短期功率预测、中长期功率预测三类。不同预测的特点与适用范围，以及对应的典型方法如下所示：（节选自《中国电机工程学会专题技术报告2018下卷 新能源发电功率预测技术》）

其中典型方法具体的方式如下：

(1)持续法：持续方法是以当前时刻实测功率值作为未来时刻预测功率的风电功率预测方法。其模型简单，预测精度随预测时间增加而迅速下降，通常适用于时间尺度较短的预测。

(2)物理法：物理方法的原理是根据风电场周围的地形地貌信息和物理信息，采用微气象学理论或流体力学方法，建立起符合风电场气象特征信息的流体力学模型，然后采用该模型预测风电机组轮毂高度的风速、风向等信息，进而预测风电场的功率。

(3)统计方法：统计方法不考虑风速变化的物理过程，以对历史统计数据和NWP数据的分析研究为基础，建立NWP数据与风电场输出功率之间的映射关系。该方法直接利用NWP数据对风电场输出功率进行预测。统计方法同时适用于超短期、短期和中长期预测，进行超短期功率预测时只需使用历史数据，短期和中长期预测时要使用历史数据和NWP数据。统计方法相对物理方法而言更加简单、使用的数据单一，但对突变信息的处理能力较差。

(4)人工智能方法：属于统计方法，但更为先进。人工智能方法需要大量的历史观测数据来建立模型，但其具有模型修改方便、精确度高的特点。人工智能方法同时适用于超短期、短期和中长期预测，进行超短期功率预测时只需使用历史数据，短期和中长期预测时要使用历史数据和NWP数据。

2. 调得动

另一方面，既然风光总是波动来波动去，那电网是不是能跟上波动就行了呢？现在依靠大量的煤电去调节，未来煤电虽然越来越少，但是我们可以去找新的资源调节。

需要明确的是，其实煤电并不是一种非常好的调节资源。首先是它的调节范围并不大，现有传统煤电的调峰深度大概在50%左右，也就是说一台满发100MW的发电机，它的输出功只能维持在50MW~100MW，低于50MW就要停机。东北常见的供热机组的调峰深度更是只有30%，基本上没有调节空间。

其次是变得慢，火电的爬坡速度约是1.5%~3%/min，也就是100MW的机组，每分钟最多变化1.5MW~3MW的输出，非常缓慢。相比之下水电的爬坡速率可以达到50%~100%/min，天然气发电也有20%/min，调节能力都比火电强（核电的调峰能力更差）。之前依靠煤电数量多才压住了新能源的波动性，用10台机组，调1台的波动，未来随着煤电越来越少，这种情况一定要改变。

我从《2030年前碳达峰行动方案》（以下简称行动方案）中，节选了部分与之相关的材料：

因地制宜开发水电。积极推进水电基地建设，推动金沙江上游、澜沧江上游、雅砻江中游、黄河上游等已纳入规划、符合生态保护要求的水电项目开工建设，推进雅鲁藏布江下游水电开发，推动小水电绿色发展。推动西南地区水电与风电、太阳能发电协同互补。统筹水电开发和生态保护，探索建立水能资源开发生态保护补偿机制。“十四五”“十五五”期间分别新增水电装机容量4000万千瓦左右，西南地区以水电为主的可再生能源体系基本建立。

大力提升电力系统综合调节能力，加快

灵活调节电源建设，引导自备电厂、传统高载能工业负荷、工商业可中断负荷、电动汽车充电网络、虚拟电厂等参与系统调节，建设坚强智能电网，提升电网安全保障水平。

可以看到，国家点名了要“因地制宜”地“积极”发展水电，但完全没提气电，只是笼统地说了一句“加快灵活调节电源建设”。

这是因为水电是非常棒的资源，清洁无污染，调节能力强，其实是未来的首选电源，但是我们国家的水电开发成绩有目共睹，事实上开发已经非常充分了。根据测算，我们国家可开发水电5.41亿千瓦，经济可开发装机4.02亿千瓦，但根据2020年的数据，已经装机的水电大概是3.3亿千瓦，也就是说具有经济性的可开发容量已经开发了82.1%，因此我们只能“积极”根据具体情况，“因地制宜”去找到还未被开发的水电资源进行开发。

至于天然气发电虽然很优秀，但不幸的是我国的燃气非常依赖进口。2020年我国天然气消费3288亿立方米，其中进口1400亿立方米，占消费量的42.57%，而工业用气1240亿立方米，城市燃气消费量1205亿立方米——也就是说如果进口被限制，我们正常家里炒菜做饭取暖都会受影响，更不要说发电了。因此虽然气电性能很好，但不是未来发展的重点。

那么除了电源我们还有没有其他的调节方式呢？文件中说：“引导自备电厂、传统高载能工业负荷、工商业可中断负荷、电动汽车充电网络、虚拟电厂等参与系统调节”，又是什么意思？

上面的内容除了自备电厂外和虚拟电厂外，基本都是去通过引导我们怎么用电，来提升调节能力。电力系统是双向的，电源负责发电，用户负责用电，发电和用电总是平衡的。

如果电源发电一会高一会低要怎么办？“传统高载能工业负荷、工商业可中断负荷”参与调节的方式就是“少用电”，电网可以提前与一些工厂签协议，给你钱或者电价优惠一点，但是在我让你少用电的时候你必须少用电，这就增加了电网的调节能力。

电动汽车充电网络则是利用海量电动汽车充电的功率进行调节，电多的时候功率大一点，电少的时候功率小一点，甚至在特殊情况下让电动汽车作为储能电池给电网供电。“虚拟电厂”则更加复杂。我们可以将屋顶上的分布式光伏、小风电、储能电池以及上文提到的各类系统统一调度，在电网看来这就好像是一个电厂，电网给你下命令，你今天下午3点，必须发500千瓦的电，这个时候这个虚拟电厂就算来算去，发现下午光伏可以发300千瓦，我们手里的负荷可以少用100千瓦的电（少用电等于发电），储能可以再发100千瓦，齐活。通过这样底层的协调控制，像一个电厂一样参与到电网的运行里，不是电厂、胜似电厂，所以叫“虚拟电厂”。

3. 储得住

在《行动方案》里，还提到：“积极发展‘新能源+储能’、源网荷储一体化和多能互补，支持分布式新能源合理配置储能系统。制定新一轮抽水蓄能电站中长期发展规划，完善促进抽水蓄能发展的政策机制。加快新型储能示范推广应用。”

概括来说，就是重要的储能说三遍。

储能堪称是为新型电力系统量身订做的调节方式，多的时候可以充电，少了可以放电，其他调节往往是单向的，只能选择少发电或多发电，负荷只能选择少用电或多用电，而储能则可以选择到底发电还是用电，调节能力极强。由于储能本身也是一个大型产业链，涉及技术众多，我们将在后续文章详述，本文受篇幅所限不再进一步展开。

**华府冷暖空调**  
专业快速，服务DC/VA/MD  
电话：240-421-7363  
9-153

冷暖气机 热水炉  
中央空调 风管  
消毒杀菌灯 车库门  
维修 安装 保养

代理：  
Carrier  
Payne  
Goodman

冷暖气新机：  
零件10年保证 / 1年人工保证

**方氏冷暖**  
Carrier Trane 9-152  
240-651-9115

空调维修  
冷气暖气  
维修安装

质量保证  
价格合理

专业中央空调

**安居冷暖空调公司**  
Infinity Air LLC 9-147  
代理多种名牌空调设备  
Carrier, Bryant, Payne,  
Goodman  
专业技术执照  
HVAC Master & Contractor License  
电话：571-334-9893  
Licensed, Insured

**冷暖专版**

