



加微信：1716143665，领取配套福利课程



032 | 灵活：下一代电网的特点



卓克·科技参考2（年度日更）

02-08

032 | 灵活：下一代电网的特点.mp3

11分25秒

| 卓克亲述 |

众筹新课联系微信：**1716143665**，你好。

欢迎回到《科技参考》，我是卓克。

我们都知道碳中和对于人类的意义。中国承诺在 2030 年实现碳达峰，在 2060 年实现碳中和。

其中最核心的部分，就是供电方式的升级——从原来的化石能源发电，切换到可再生能源发

电。尽量提高风电、水电、光电、核电在供电中的比例。

这个比例具体是多少呢？中央财经委员会在 2021 年 3 月份的说法是，“构建以新能源为主体的新型电力系统”。

这里虽然没有提具体的数字，但“主体”这个词意味着，至少要超过 50%。

而超过 50% 也有不同的解读。一种是新能源发电的装机占比超过 50%，一种是新能源发电的发电量超过 50%。

你可能会问，装机量超过 50% 和发电量超过 50% 难道不是一个意思吗？

不是的。因为新能源发电固有的特征是，当它的装机量达到 50% 的时候，发电量可能才刚刚超过 20%。于是，当新能源发电成为主体后，整个中国的供电网络将从底层技术上发生巨大变化。

今天的《科技参考》，我们就来说说电网今后会怎么变。

新能源巨大的波动性

刚刚我们提到，装机量和发电量在新能源发电上是不成比例的。2020 年的统计是这样的：风电、光电和生物质发电的装机总量，占全部类型的电厂装机量的 26%。

但这三类电厂的发电量，只占全部类型电厂发电量的 11%，两者的比例是 2.4 左右。

也就是说，如果我们需要 100MW 的发电量，假设全部由风电、光电和生物质发电的电厂提供的话，最少需要设计出 240MW 的装机量，否则将严重缺电。

之所以会这样，是因为风电、光电、生物质发电的波动非常大。

国家电网统计过，不同类型发电厂设备的年度利用小时数。这个数值的意思是，那些发电设备在一年里工作了多少小时。我们可以算一下，一年是 365 天，每天是 24 小时，按理说，发电设备一年就应该运转 8760 小时。

实际结果呢？核电厂平均可以运行 7400 小时，火电厂是 4200 小时、水电厂是 3800 小时、风电厂是 2100 小时，光电厂最少，只有 1300 小时。

也就是说，新能源发电厂年度利用小时数，只有中国占比最大的火电厂的 1/3 到 1/2，所以

总装机容量要按火电厂的 2 - 3 倍去建设，才能完成供电方式的换代。

新能源发电中的主力——光电和风电，依靠阳光和风，这都是波动起伏很大的能量来源。比如，光电是昼夜起伏，夜间功率是绝对的零，等太阳出来后迅速接近峰值。

此外，光电还有季节特性，冬季发电功率最大值是夏季的 $\frac{2}{3}$ 。

而风电的起伏稍小，但输出功率也是在最大值和最大值的 30% 之间大幅波动。

我们要明确，这个波动指的是，供电设备能提供的功率上限存在大幅波动。比喻起来就好像是，一个短跑选手，晴空万里的情况下能发挥出博尔特的奔跑水准，但太阳一落山、风平浪静的时候，跑步水平就和霍金差不多了。

如果电网也这样波动，那会直接导致电没法用。这时候，你用万用表去测插座里的电压，原本应该是均值 220V，但结果可能会在 70V 到 400V 之间浮动。频率本来应该是 50Hz，但结果会在 20Hz - 100Hz 之间浮动。

虽然用电设备的电路都会留出一些余量，只要输入电压和频率在 $\pm 10\%$ 范围内浮动，设备都能正常工作。但如果电压和频率存在上述这么大的浮动，所有用电器都会烧坏的。

灵活响应是未来电网最迫切的需要

所以，新能源发电设备接入电网后，想要维持整个电网参数的稳定，就需要传统火电厂做配合——

新能源电足够多的时候，尽量让新能源电去满足需求；新能源电较多的时候，减少火电的比例；新能源电严重不足的时候，传统电力顶上。这些是最理想的情况。

但实际上，火电并不是一种很方便调整输出功率的发电方式。比如，传统煤电调节的最大深度就是 50%。

这指的是，一台峰值功率 100MW 的发电机，当它输出功率降到 50MW 后，就会因为设备特性必须停机，否则设备就要损坏。

而且，这个 50% 还是最大值，一般情况下，用于调节的深度只有 30%。

你可能觉得，30% 也不少了。假如新能源发电机峰值功率是 100MW，它不是起伏大吗？我们准备好 4 台 100MW 的煤电发电机，为 0% - 100% 的浮动做好准备，这不就行了吗？

不行的。因为这里还涉及到另一个问题，就是功率的变化速度。火电功率变化的速度，一般是每分钟变化 2%；而风电与光电的变化，会是这个速度的几倍到十几倍，全看天色了。

能稳定提供这么快变化速度的发电类型，只有水电和天然气发电，它们都可以达到每分钟变化 20% 以上的水平。

但是，这些发电设备占比并不多，今天电网为了稳定新能源发电带来的波动，主要是靠堆火电。比如，功率都一样的机组，新能源是 1 台的话，那就准备 10 台煤电的发电机来对抗波动。

而今后的碳中和里，煤电的装机量和新能源电的装机量，不要说 10:1 了，连 1:1 都做不到，于是灵活响应将是未来电网最迫切的需要。

如何做到灵活响应？

怎么做到灵活响应呢？

首先就是，天气预测与监控。

最理想的情况当然是，准确预测到之后 15 分钟、之后 10 个小时、之后 2 天风力的变化、光照的变化。

但是气象部门当前并不能满足发电部门的全部要求，尤其是以分钟为单位的预测，现在这个需求是没法满足的。

没法预测，于是就只能用实时测量的方法。当监测到短时间内发电功率会大幅波动后，马上通过自动机制调配电力输出。

这方面，国家能源局对电网是有严格考核的——每个月，风电功率预测准确率的及格线是 75%，风电和光伏的功率预测准确率及格线是 80%。只要预测准了，就能给调配的部门留出足够的时间备好储备。

而预测短期天气变化的能力，自从人工智能深度学习出现后，就得到了飞速发展。

我们今天手机里用的不少天气软件，都包含了深度学习的计算结果。今后，对于全球来说，能提供精细度很高的天气预测，也是一项价值足够高、规模足够大的服务。

除了预测和监控，刚刚我们还说了，调节功率的速度也是一个关键因素。而火电的调节速度远不如水电。那么，多开发水电站的方法可行吗？其实空间并不大。

地质部门勘测的结果是，中国可开发水电 5.4 亿千瓦，其中有经济效益的是 4.0 亿千瓦。而截至 2020 年，已经开发的水电是 3.3 亿，还有赚头的、待开发的水电资源并不多了。

今后，风电和光电的总装机容量大约是几十亿千瓦的规模，而水电只剩 0.7 亿千瓦能用来调节新能源电力的波动，只能解决其中不到 1% 的问题。

所以，还要找其他方法补充严重不足的调控能力。

其实，除了风电和水电，天然气发电从调节性能上、碳排放与污染上，也都是一个不错的过度，调节速度是煤电的 10 倍以上。

但对我国来说，天然气很是紧俏，中国每年有超过 40% 的天然气需要靠进口，自己用都不够，就更不会考虑把它作为新能源发电的调控措施了。

所以，水电和天然气电都不会贡献多少灵活性。

实际上，灵活性的贡献主要来自另外两点——一个是储能，一个是虚拟电厂。

储能很好理解，就是把功率很高时用不了的电先存起来。现在，一般采用抽水蓄能和电池蓄能。

抽水储能，就是把过剩的电给抽水机，把大坝下游的水抽到上游存起来，等夜里或者没风的时候，再把水的势能放出来发电。

电池储能，就要用到今天大规模发展的锂电池了。但是，储能用的锂电池和汽车用的动力电池不一样。

汽车用的动力电池对能量密度的要求很高，而电站储能对功率密度要求极低，但对安全性和循环次数要求较高。

由于风电、光电的建设，很多都在大西北，开阔地要多少有多少，电池的功率密度低也不怕，顶多再挖几个大坑装电池而已。于是，从前被锂电池行业不看好的钠离子电池，也成了候选。

而虚拟电厂又是什么呢？

就是那些实际效果等同于兴建了电厂的措施和设备，它们是零散分布的。比如，供电局可以和片区内主要的用电大户谈合作，合作内容是，你能不能根据我们的用电高峰和低谷的特性来用电呢？这样，就削平了峰谷，就能减少调控功率的压力。但既然你方便了我，我也在电价上给你打个折扣。

此外，让一些有条件安装太阳能设备的家庭和企业，尽量安装。

比如，去年夏天格力号称的可以发电的空调，就是在空调表面铺了一定面积的太阳能光电板来实现发电的。

中国曾经大规模推进过太阳能进农村，但今后的推广和十几年之前大不相同。之前，最大的吸引力是，当你装完几年后，甚至可以通过把电再卖给电网，实现盈利。而之后，家庭和企业安装太阳能设施，更可能是一种电费上的节约，甚至可能是为了电网灵活性而必须的消费。

这些措施如果都做到了，当用电需求本该暴涨的时候就不会出现暴涨，就和凭空多出一些电厂的效果一样。

而实际上，只是通过协调用电强度就做到了这一点，并没新建任何电厂。于是，就管它们叫做“虚拟电厂”。

要实现碳中和，今后的电网会面临的最大挑战是灵活性。那些缺乏用电灵活性的企业和还在大量排碳的企业将最先被淘汰，取而代之的，是具有更高用电灵活性的企业和分布式的太阳能供电设施。

好，这就是今天的内容。我是卓克，我们明天再见。

划重点

1. 当新能源发电成为主体之后，整个中国的供电网络在底层技术上将发生巨大的变化。
2. 要实现碳中和，中国电网面临的最大挑战就是灵活响应。目前，提升灵活性的方式主要靠储能和虚拟电厂。

3. 未来，缺乏用电灵活性且还在大量排碳的企业将最先被淘汰，取代它们的会是高用电灵活性的企业和分布式的太阳能供电设施。



收听更多课程微信：1716143665



众筹新课联系微信：1716143665



642945106 “ ” “2”

0 / 5000



公开

仅限群内使用！严禁商业！

默认

最新

只看作者回复



钰箭风
02-08

火电厂自身的灵活很难做到
这在卓老板的有一期科学思维课里面解释过
我复述一下，实实在在班门弄斧

关注



★★★

火力发电厂由八九公里管道连接的，有七八千个阀门，上万个水温表，水压表，气温表，气压表，有害气体浓度表的系统。

★★★

监控系统需要设置几万个测试点，也就是说要同时监控几万个实时变化的数据

。...

★★★

这套系统已经复杂到极致，给它完全关闭，再完全打开，单纯完成这个动作可
国家电网说多发一些电，火电厂要跑断腿
能就要十几个小时。

①让更多蒸汽来推动汽轮机，

②多加更多的煤，

③同时电要更快的阻能的风能炉在一个量级。

④而蒸汽是调整成的，也需要进加适量的水

展开

□ 5

□ 7

□ 116

□ 分享



先放用电量数据

□ 关注

□

2022 年 1 月 17 日，国家能源局发布 2021 年全社会用电量等数据。

2021 年，全社会用电量 83128 亿千瓦时，同比增长 10.3%，较 2019 年同期
增长 14.7%，两年平均增长 7.1%。

第一产业用电量 1023 亿千瓦时，同比增长 16.4%；

第二产业用电量 56131 亿千瓦时，同比增长 9.1%；

第三产业用电量 14231 亿千瓦时，同比增长 17.8%；

城乡居民生活用电量 11743 亿千瓦时，同比增长 7.3%。占总电量 14%。

然后粗略计算加思考

●●

按照 50% 发电量计算

装机量就需要达到 125%

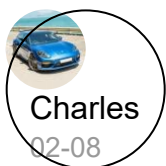
那么就需要能够至少储能 30% 的全网电量

这数据相当客观，需要差不多 68 亿千瓦时的储能电池...

展开

□ 4

□ 2



Charles

02-08

我从这节课看到了最近这些年天气预报为什么越来越准确的另外一个原因了。因为灵活供电需要准确预判天气情况，O (∩_∩) O 哈哈 ~，这是解决自己问题随带把别人的问题也解决的传说啊！

□ 关注



在没有看这个课程之前完全没有想到新能源替代的复杂度这么高，备用之间的比例关系倒还好，功率的变化速度也直接影响到补充的速度！这一系列的调整都需要强大的技术支撑，不是我们接两个水管就可以解决的事情。

双碳目标下，会拉动很多相关产业的技术升级！

我爱问卓克



李祭酒

02-08

现在看来要想新能源发电成为主体，不仅仅是新能源发电技术个体的提升，还需要相应配套设施的提升。而且经历过吉林去年停电的经历，希望国家缓慢的推荐新能源发电吧，否则好事是好事，到了底层可就是好心办坏事了！

□ 关注



我爱问卓克



红色飞翔的龙

02-08

记得卓老板以前曾说新能源成为主要能源的时候我们有生之年是看不到了。不知道在碳中和目标的前提下，这个时间线有没有可能提前，或者说能提前多少呢？

关注



4

3

31

分享

作者 回复：

如果按口号里说，那是2060年，还算有生之年，但实际上，据我看至多不会超过3个主要国家能做到承诺，就是那几个科技最发达，商业最发达的国家中的3个。



囚之

02-08

怪不得新能源发电技术好像占比一直没有提高多少，比起良好运行，更重要是调节功能，功率起伏那么大，就算不考虑电器会被起伏不定的电压烧坏，也会给人带来非常不好的体验和极度的不方便。

关注



目前火电调节响应太慢，水电占比不高，天然气电又贵又紧缺，风电又不稳定，确实一时半会儿也没办法大面积替代传统的火力发电，只能一步步铺路，电池储能已经被证实了是一条很好的赛道，很多大企业都已经入场了，配合虚...

1

评论

30

分享



郭卜兑

02-08

去年去老婆家办事，走的太行山高速，高速南侧到太行山之间修了很多的太阳能板，路上还有很多零星的，一般都在山坡上，周围没有什么人的地方。感觉上是给高速设施和休息区供电的，挺像卓老板说的这种错峰用电的方式。

关注



- ☐ 1
- ☐ 评论
- ☐ 27
- ☐ 分享



金戈铁马
02-08

学习了今天的课程，有一个问题想请教卓克老师。末年这几年，应该会有更多的家庭安装太阳能发电设备，这其实也符合目前国家光伏产业整县推进的政策。但是，就电网而言，千千万万零散分布的小型太阳能发电设施都要接入电网，对于电网灵活性的要求，恐怕比今天课程所说的，难度还要大上很多吧？还有就是，那么多的家庭装上了太阳能电板，以后的检修维护可能也不是一个小问题了，又应该如何解决？想听听老师的解答。

☒ 关注 ☐

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 27
- ☐ 分享

作者 回复：

【末年这几年，应该会有更多的家庭安装太阳能发电设备，千千万万零散分布的小型太阳能发电设施都要接入电网】你这个假设不成立



陈C
02-08

新能源接入电网，输出的波动性是必须要解决的问题。这个问题来源于自然环境，因而从源头解决问题并不现实，只能采用那些，通常看来属于“弥补”的手段，去随时“熨平”环境变化造成的波动。要平衡这类难以预测的波动，常见的两个思路是准备“冗余”和拓宽“安全边际”。比如在发电低谷期引入其他发电设施补足，或者设置储能设施。

☒ 关注 ☐

在我看来储能是更容易操作、也更有发展空间的方式。除了直接建电池站以外，利用电能将水抽高，然后再利用水力发电是一个颇为有趣的选择，它直接利

用了只不过建立这类设施，最好也是利用现有的地形条件，同时还要考虑发电的损耗。几年前听过一个思路，是用多余的电能将（巨大的）混凝土块推高，低谷期再利用起下落的动能发电。不知道这个思路现在有没有人在用。

“虚拟电站”是从这一讲听到的新说法。按照卓老板的描述，我认为这一思路还可以分为供需两种手段。供应侧手段是通过家庭太阳能设备等方式，创造新的供应源，有些还能直接“补贴家用”；而需求侧则是协调用电期，调整峰谷分配，来直接对冲自然环境周期性的波动。

未来针对新能源进行的电网调整，一定是多种手段协同运用，共同起作用的。而“虚拟电站”等手段的引入，则充分说明了碳中和不仅是能源侧做出改变，更是需要全社会协调、配合的一场社会变革。

展开

- ☐ 3
- ☐ 评论
- ☐ 17
- ☐ 分享



老家有一个很大的发电厂丰城电厂，电是卖到香港去的，电厂烧煤，有专门的铁路从山西等地方运煤到电厂里面，有 3 个大烟筒，一天 24 小时呼呼往外冒白烟，我每次回老家都希望这家电厂早早关门，就算其安装了最先进的排污装置，起码会大量的排放 CO2. 前几天我老家盖新房我就计划最上面铺一层太阳能电板，不过暂时没有看到周围村庄有安装的，我也有问过做这块的，如果没有国家补贴或大面积安装，成本是很高的，120 平米大概要 10 万左右的费...

☐ 关注 ☐

我爱问卓克

- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 17
- ☐ 分享



“让一些有条件安装太阳能设备的家庭和企业，尽量安装”，还不是虚拟电厂，而只是分布式电源，不对电网调节有好处。

分布式电源、电动汽车、需求侧资源等分布式资源的兴起，以及分布式资源具有随机性、分散性的特征，催生了虚拟电厂。

虚拟电厂是分布式资源的协调管理，利用先进的计量、通信、协调控制等技术，聚合分布式能源、储能系统、可控负荷、电动汽车等各类分布式资源，形...

☐ 关注 ☐

展开

我爱问卓克

- ☐ 3
- ☐ 1
- ☐ 15
- ☐ 分享



作为一名国家电网的前员工（已辞职），说一说我的观点吧！

☐ 关注 ☐

卓老板的观点完全正确，所以双碳目标真的是任重而道远。国家电网现在对新能源的装机接入说是视之如虎都不为过，是省调严格控制的对象，因为发电的不稳定性，对电网的可靠性威胁实在太太，严重的甚至可能导致极端电网事故。

卓老板文中指出了火电厂的调峰能力局限性大，而且这是在短期内无法解...

展开

- ☐ 2
- ☐ 1
- ☐ 9
- ☐ 分享



可以电解水制氢储能吗？这个量大不大呢？

☐ 关注 ☐

- ☐ 转发
- ☐ 1

□ 9

□ 分享

作者 回复：

去年专栏分析过氢能源，请使用app内的搜索功能



乔昕

02-08

卓老师，你好！

□ 关注

□

在《我们脑中那些挥之不去的问题》中，您提到 **Concetta Antico**，她除了是一名具有 4 色视觉的人，还是一位画家。并且从她的画作颜色严重偏紫，推断出她具有 4 色的视觉。我的问题是，一个人如果具有 4 色视觉，那么他眼中的世界就会比大多数人眼中的世界偏黄。由于她从小接受的就是这种偏黄世界，所以她在她头脑中就会一直把这种偏黄的世界认为是正常的世界。那么如果她想...

□ 转发

□ 4

□ 9

□ 分享

作者 回复：

4色视觉不是靠推断，是基因检测和视锥细胞对光波产生神经信号强度测量的结果。这类人对黄色对应的波长敏感，所以一点点黄就足够让他们认为很黄了，自然画出来的都偏紫。这些都在文章里写的很详细。



天才秦

02-08

同问卓老板核电相关，月初看到新闻中国的“华龙一号”和阿根廷签了总包合同；2月7日又有消息，“华龙一号”通过英国通用设计审查，将用于该国布拉德韦尔 B 核电项目建设。上季卓老板提过，欧洲整体核电站数量是减少的，同时新一代核电站技术是很安全的，而且使用年限也会比较长（70 年或更长）。那么我们国家制定的核能发展计划，相比美（19.7%）俄（19.7%）韩（26.2%）德（13.1%）加（14.9% 以上数据为 2019 年）这些先发国家来说是否太...

□ 关注

□

□ 2

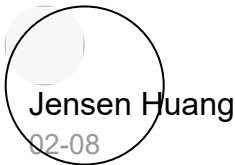
□ 2

☐ 8

☐ 分享

作者 回复：

主要是民众反对，谁支持谁下台



老师您好

今天课程听下来感觉核电似乎优点较多，那为什么不发展核电呢？是因为危险性太高吗？

☐ 关注 ☐

☐ 1

☐ 1

☐ 7

☐ 分享

作者 回复：

核电也有发展计划，今天发电占比总量4%，到2035年目标是达到总量的10%，看上去是2.5倍，但实际数字增长更多，因为那时发电总量也在增加。不过核电不是碳中和的核心，危险虽然更高，但一盘大局的思考中不会担心这个，关键是核电站建设和维护基本都要靠从法国买。



电动汽车上的电池，也可以成为稳定电网的重要储能设备吧？另外，如果新能源成为主要供电来源，是否每户家庭真的需要装上一面电力墙，保障自家供电，同时在用电高峰期回补电网？

☐ 关注 ☐

☐ 转发

☐ 1

☐ 5

☐ 分享

作者 回复：

除非有那么一个公司，推出的产品令每个家庭都忍不住弄出一面你所说的电力墙，否则这类“如果大多数人都如何如何”的调整就是一场内卷+收割



斗魂

02-08

现在有不少省份开展了需求侧响应，就是在电网公司预测到出现供电紧张的区域和线路后会进行需求侧响应发布，各类虚拟电厂（也叫负荷聚集商）会保价报量，然后电网统一出清，执行，考核，结算。

关注



该部分费用由当期没有参与调节的工商业企业根据用电量进行分摊，广东的企业电费单上已经有需求侧响应费用一项了。

如果当期的需求侧响应没有被足额响应，则取消本次需求侧响应，执行...

展开

转发

评论

3

分享



宇雪

02-10

卓老板思路清晰，逻辑严密，主要矛盾把握精准，所得结论我深感认同！

关注



在此我仅针对燃煤发电机组的特性做一点补充：

1. 目前国内主流燃煤机组都在进行深度调峰改造，技术成熟，调峰能力比文中表述的 50% 要大，可以实现 20%-100% 额定装机容量范围内的深度调节。
2. 但调节速度每分钟 2% 还是太理想化，实际远远达不到，深度调峰 20% 负荷时，锅炉的燃烧平衡已经极其脆弱，稍有不慎就会灭火，或者污染物瞬时...

展开

1

1

2

分享



董奕阳

02-08

重新梳理下，希望卓克老师能解答下，假如风光发的电在电网不需要的时候，生产成氢气，就在附近储存，罐子大点都无所谓，需要的时候可以像火电或者氢燃料电池那样发电的方式提供电网，不就解决高峰低谷还环保，为啥没人提呢？

关注



转发

2

2

分享

作者 回复：

因为氢电在我国能源发展纲要里在2060年占比发电量大约1.3%，风电和太阳能占比79%

涂图途兔

02-08

记得第一次听卓老板讲课就是聊的发电厂，这两天在学习 **walter lewin** 的课程，看了他的板书颇为震撼，这个虚线画的和打点计时器打出来的一模一样，看来没点绝活还真的做不了教授。

关注



转发

2

2

分享

作者 回复：

有学生研究过，你可以搜搜，是一个笔尖与黑板角度的技巧熟练度问题。好看吧。

冰風仟年

02-08

我之前看到过一种天马行空的储能方式：
电力多余的时候用吊车把石墩吊到高处，需要用电的时候再把石墩放下来利用势能发电。
好处就是不依赖地形，哪里都能建。

关注



缺点应该就是贵。不知道这种储能方式靠不靠谱。

- ☐ 转发
- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 分享

作者 回复：

不靠谱，实际抽水蓄能电站，和电解水产生氢，就在做这类储能，都是用地成本高，建设维护成本高的不划算方法，在中国能源发展纲要里已经没有太多这些方法的发展空间了



李小虎
02-08

我们公司之前为了节能环保，都是一个半月有那么几天用柴油发电，发电成本很高一个小时 2 万块，不过我们公司是周围做的最好的，停车场，寝室，办公楼顶部都安装了太阳能电板，这个做的相当好的。海外分公司新盖大楼是都节能白金级的认证通过。这块是大势所趋.

☐ 关注 ☐

- ☐ 转发
- ☐ 评论
- ☐ 2
- ☐ 分享



丁丁
02-08

好几年前看到那些停用的风电装置，耳听的都是阴谋论骗补说，后来知道是因为风电难用，去年的某次吃饭，了解到一个城市的用电量其实是很容易估算的，所以火电供应也是容易估算的，但风电和光电的发电量却很难估算～中国一路向好，加油我的祖国

☐ 关注 ☐

- ☐ 转发
- ☐ 评论
- ☐ 1
- ☐ 分享



bin

02-11

要实现碳中和，电网面临的最大挑战是灵活性。那些缺乏用电灵活性的企业和还在大量排碳的企业将最先被淘汰，取而代之的，是具有更高用电灵活性的企业和分布式的太阳能供电设施。

作为配合新能源的稳定调节，煤电较少，水电剩余开发空间有限，天然气发电增加。

未来，储能设施方向。抽水蓄能、化学电池储能，如钠电池。虚拟电厂，如...

□ 关注



□ 转发

□ 评论

□ 赞

□ 分享



涂图途兔

02-08

记得第一次听卓老板讲课就是聊的发电厂，这两天在学习 **walter lewin** 的课程，看了他的板书颇为震撼，这个虚线画的和打点计时器打出来的一模一样，看来没点绝活还真的做不了教授。

□ 关注



□ 转发

□ 2

□ 2

□ 分享

作者 回复：

有学生研究过，你可以搜搜，是一个笔尖与黑板角度的技巧熟练度问题。好看吧。



冰風仟年

02-08

我之前看到过一种天马行空的储能方式：

电力多余的时候用吊车把石墩吊到高处，需要用电的时候再把石墩放下来利用势能发电。

好处就是不依赖地形，哪里都能建。

□ 关注



缺点应该就是贵。不知道这种储能方式靠不靠谱。

- ☐ 转发
- ☐ 1
- ☐ 2
- ☐ 分享

作者 回复：

不靠谱，实际抽水蓄能电站，和电解水产生氢，就在做这类储能，都是用地成本高，建设维护成本高的不划算方法，在中国能源发展纲要里已经没有太多这些方法的发展空间了



李小虎
02-08

我们公司之前为了节能环保，都是一个半月有那么几天用柴油发电，发电成本很高一个小时 2 万块，不过我们公司是周围做的最好的，停车场，寝室，办公楼顶部都安装了太阳能电板，这个做的相当好的。海外分公司新盖大楼是都节能白金级的认证通过。这块是大势所趋.

☐ 关注 ☐

- ☐ 转发
- ☐ 评论
- ☐ 2
- ☐ 分享



丁丁
02-08

好几年前看到那些停用的风电装置，耳听的都是阴谋论骗补说，后来知道是因为风电难用，去年的某次吃饭，了解到一个城市的用电量其实是很容易估算的，所以火电供应也是容易估算的，但风电和光电的发电量却很难估算～中国一路向好，加油我的祖国

☐ 关注 ☐

- ☐ 转发
- ☐ 评论
- ☐ 1
- ☐ 分享



要实现碳中和，电网面临的^{最大挑战}是灵活性。那些缺乏用电灵活性的企业和还在大量排碳的企业将最先被淘汰，取而代之的，是具有更高用电灵活性的企业和分布式的太阳能供电设施。

作为配合新能源的稳定调节，煤电较少，水电剩余开发空间有限，天然气发电增加。

未来，储能设施方向。抽水蓄能、化学电池储能，如钠电池。虚拟电厂，如...

☐ 关注 ☐

☐ 转发

☐ 评论

☐ 赞

☐ 分享

加微信：642945106 发送“赠送”领取赠送精品课程 发数字“2”获取众筹列表

