

1. 为什么我们对光伏有信心？& 产业的特点

（一）我国新能源发电产业已经打下**坚实的基础**和**较为明显的竞争优势**，产业现有**规模**和**增速**巨大。

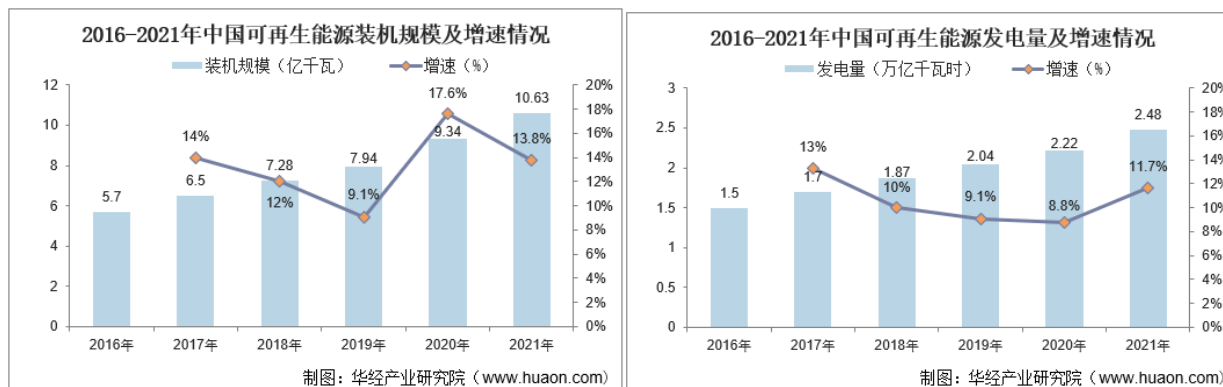
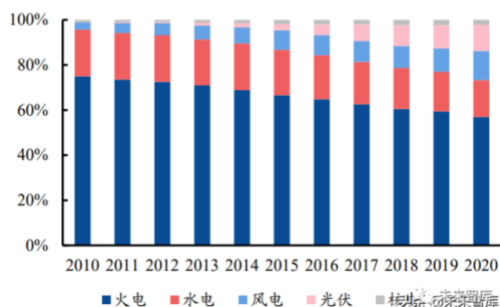


图3、中国风光能源装机量占比



风电、光伏发电是发展最快的新能源产业，新增和累计市场规模多年稳居世界第一。2020 年全国风电和光伏发电新增装机分别为 7167 万千瓦和 4820 万千瓦，远超其他主要国家和地区。风电和光伏发电累计装机分别达到 2.8 亿千瓦和 2.5 亿千瓦，在全球占比均超过 1/3。

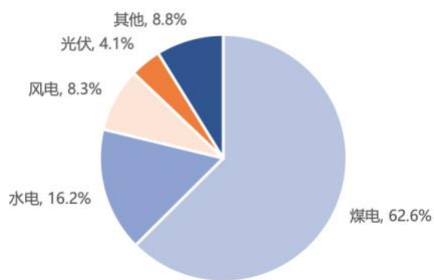
我国在风电、光伏发电和锂电池等主要新能源领域，与美国、欧洲、日本等主要发达经济体相比已逐步形成明显的竞争优势。

（二）国内市场空间和发展潜力巨大

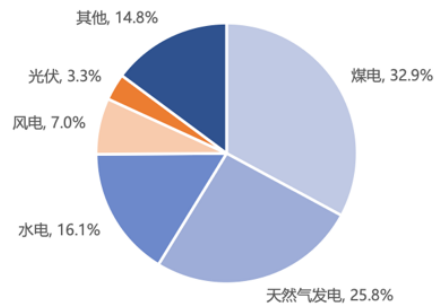
在“3060”碳减排目标下，我国提升了 2030 年非化石能源在一次能源占比目标，20%提升到 25%，预计今后 10 年风电和光伏的年均新增装机合计需要达到 1 亿千瓦以上。

光伏和风电还有很大的发展空间。尽管我国光伏和风电经历了 20 年的发展，但是与全球发电结构相比，光伏发电量在整体发电量结构中，占比还比较低。到 2050 年，风光发电量占比有望从当前的 10%提升到 70%。

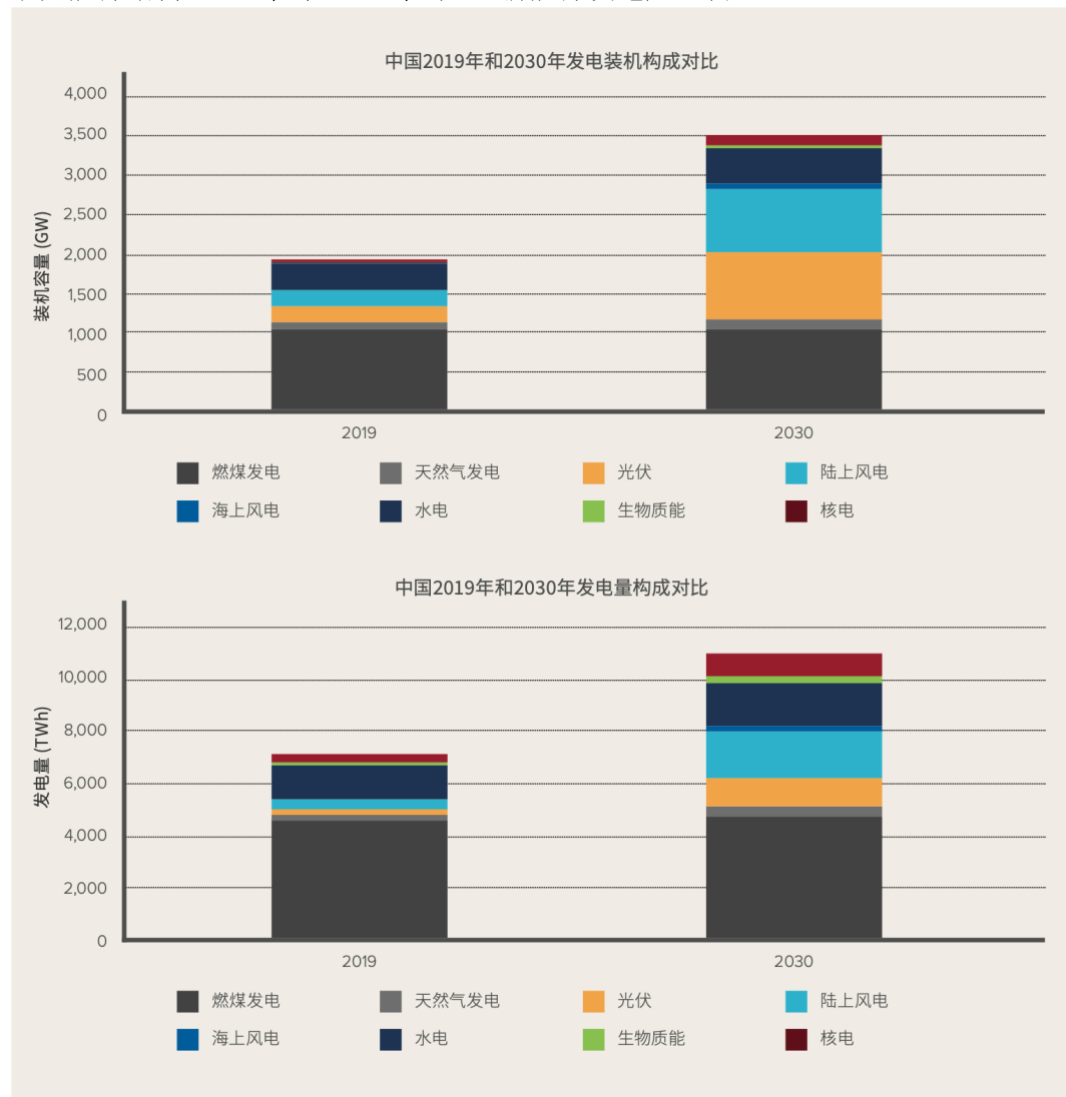
2020年国内发电结构



2020年全球发电量结构



中国能源结构 2019 年与 2030 年对比&新能源发电产业占比



通俗易懂的故事介绍光伏 与为什么我们对光伏有信心？

光伏，对你来说应该不是一个陌生词汇了。和新能源、碳中和相关的话题，大概率都会提到它。你可能还听过一个词，叫“屋顶银行”，说的是现在有越来越多的老百姓，在自家房顶上安装光伏设备，自己发电用，不光是省下了电费，多余的电卖出去，还能赚钱。

你可能已经发现了，光伏距离我们的生活，正在越来越近。

如果你的老家在农村，建议你回去的时候留意下，现在的农田和以前不一样了，比如，内蒙古大沙漠上，就建了很大面积的光伏电站，有农户在光伏电池板下面种庄稼、搞养殖。电站在修建时改善了土壤条件，光伏电池板为农作物遮住了太阳，庄稼收成都比以前好了；

如果你生活在大城市，比如北京，你可以去看看金融街的国家电投总部大楼，它的建筑外墙也安上了光伏电池板，供电自给自足，还能帮楼体降温、减少室内太阳辐射；

你买车，如果考虑新能源车的话，一定会关注充电服务。你会发现光储充一体的充电站正在成为潮流，就是在充电站顶棚建光伏，然后配上储能和充电设施，给新能源车充电。像特斯拉，已经在上海、拉萨建了这样的充电站，新能源车充起电来更方便了，无碳出行离我们每个人也更近了。

我们再把视野拉开一些，从更宏观的视角来看一看光伏。我要跟你说两个数字，“2050”和“40%”，它们来自国家发改委能源研究所的一份报告，说预计到 2050 年，光伏发电量能占到我国发电总量的 40%，会成为我国最重要的电力来源。

是不是有点意外？要知道，倒回到 20 几年前，几乎可以说，中国还没有“光伏”这个产业，就算是刚刚过去的 2021 年，光伏的发电量也只占我国总电量的 4%。

光伏的原理，不过就是太阳能发电，并不是什么新鲜技术，但它是我们这个时代最为渴求的清洁能源。控制碳排放量，遏止全球气温上升，这已经不是某一个国家、某一个地区的政策规划了，而是全世界都在共同努力奋斗的目标。咱们国家也承担起了大国的责任，出台了碳中和政策，计划碳排放量要在 2030 年达到峰值，在 2060 年达到中和。

我们都知道，能源，是一个国家的命脉。咱们国家是全球最大的化石能源进口国，要保障能源供给，又要实现双碳目标，那就必须改变能源结构，让清洁能源成为主力军。这就是光伏背后的核心推动力量。光伏产业，不是简单的某种新技术的产业化，也不是个别企业在做什么新的商业尝试，而是服务于碳达峰、碳中和这一国家战略目标。也正因为这样，它才正在大规模地挺进我们的日常生活。

为什么我们对光伏有信心？

原因很简单，我们每个人从小就会用一个词形容祖国，叫“地大物博”，对吧？我国国土面积大，而且有近三分之二的土地，全年日照超过 2200 个小时，更别说还有拉萨这样的城市，全年日照超过 3000 个小时，是世界上日照时间最长的城市。你看，这就是我们的资源禀赋。

光伏作为一个新兴产业，也确实很争气，2003 年，光伏的需求市场主要在海外；2015 年，咱们国家的光伏安装总量就已经做到了全球第一，目前占据了全球需求市场的 35%。不止如此，我国光伏产业链上，各环节的销量也做到了全球领先。你看，只用十年时间，我国光伏就能从起步到夺冠，十分惊人。

另外，国际可再生能源署说，2018 年全球可再生能源领域的就业人数是 1030 万人，光伏占了三分之一，大概有 340 万人。这里面，咱们中国光伏产业有 220 万人。还有家媒体机构预测，中国光伏产业的就业人数到 2025 年底会突破 350 万人。

你看，我国光伏产业的发展劲头很足。光伏不只关系到我国能源问题，还是实现双碳目标的主力军。同时，它还在改变我们每个人的生活，未来会有越来越多的人投身到光伏的事业中去。

2021 年，在我看来，是光伏产业的成熟年。在这之前的二十年，可以说是光伏的幼年期，有很多的变化、起伏，充满了不确定性。但到了 2021 年，这一条波折动荡的成长曲线，开始呈现出一种平稳上升的态势。如果说之前你看这个产业，看到的还是各种散点信息，那现在你看的时候，会

发现这些散点可以连成脉络了，可以从中发现趋势，看到各种新的可能性。

所以，在这样一个时间点上，我想邀请你近距离看看这个产业，看它是如何运作的，也看它的运行如何影响我们的生活。

我给你举个例子吧，光伏设备重要的原材料是硅，它的供需周期变动很大，会影响硅料企业的产能规划，甚至会造成严重亏损。在这个问题上，我参考了供需周期变动也很大的内存行业，看这一行的企业是如何应对的。

当内存行业处于需求低谷时，三星集团会用其他业务赚的钱，扩产内存产线，这时候，产线的成本会很低。等产线筹备好，需求周期再来的时候，三星集团就能大赚一笔。回到光伏产业中，硅料龙头通威股份在需求低谷时，采取的是“休克疗法”。就是将生产等各项成本都降到最低，再用其他业务赚的钱度过这个阶段。同样，在行业有复苏迹象时，快速扩产。**2021 年，就是一个需求爆发周期，通威股份这一年也就成了同行中最赚钱的企业。**

你看，虽然两个企业来自不同行业，但它们采取的应对策略有着有异曲同工之妙。

光伏行家玩家的变化也很大。每个阶段都有新的企业进场，也有没来多久就退场的。行业里流行一句话，叫“今天是首富，明天变首负”，就是说今天赚的盆满钵满，明天说不定就亏得底朝天了。

你看，光伏产业总共也就发展了二十年，却经历了这么多变化，这都会成为我们看懂它的障碍。经过这么多年产业研究，我发现，想要快速看懂新兴产业，要先建立一个宏观的视野，其中最重要的就是找准切入点。我们想要看懂光伏产业，要找准的这个切入点，**就是政策**。

为什么这么说呢？因为光伏从一开始就是被政策扶持起来的，和它有关的政策特别多，这是它跟大多数行业很不一样的地方。你想想看，物流、手机、直播，这些行业也都发展很快，但你很少会听到政策助力了它们很多。

光伏就不一样了，不同时期的政策，引导着产业的发展，甚至改变着产业的走向。所以，看懂政策，就是看懂光伏产业的切入点。不过，那么多政策，该怎么看呢？

首先，看延续。就是看指向产业的同一个方向、屡次出台的政策。这样的政策能帮助你判断出产业目前处于什么阶段。

比如，中国从 2009 年正式出台光伏补贴政策，十几年中补贴了几千亿元。那你心里大概有数了，这十几年就是光伏的“幼年期”，需要强大的扶持才能成长，才能活下去。

补贴的效果如何呢？2008 年，中国的光伏新增装机量 0.04GW（吉瓦）。2017 年是多少？53GW。我解释一下，吉瓦跟千瓦一样，是功率单位，1 吉瓦相当于 100 万千瓦。这个数据反应的是光伏一年的发电量，也就直接反应了光伏产业的规模。

在补贴政策的刺激下，从 0.04 到 53，10 年间增长了 1300 多倍。1300 倍是什么概念？我拿发展迅猛的互联网行业为你做个对比，1997 年，中国网民是 62 万人，到 2019 年，是 8.54 亿人，同样都是增长了 1300 多倍，互联网用了 22 年，时间是光伏的两倍多。

透过这些延续的政策，和实施之后的效果，你就能看出国家对光伏是相当重视，产业也很给力，成绩还不错。

好，除了看延续，我们还得看拐点。拐点，就是那些跟之前不一样的政策，能让你看出这个产业的发展重点是什么。我们顺着这个政策切口往下看，就能看到政策具体是怎样影响产业的。

给你举个例子。2021 年咱们国家出台了一项“整县推进”的政策，要在县、市、区范围，推行屋顶分布式光伏的试点工作。截止到 2021 年 9 月，一共有 676 个县申报成为示范点，占了全国县级单位总数的 24%，远远超出预期。简单来说，这项政策要求党政机关、学校、医院、工厂、村委会等等这些建筑的屋顶，都要有一定比例面积，安装上光伏发电设备。比如，党政机关建筑的屋顶必须有一半以上的面积铺上光伏，这就叫“整县推进”。

你看，政府部门亲自带头铺上光伏设备，还要求“整县推进”，可见这背后国家的决心和信心。

再来举个例子。刚才我们说到了补贴政策扶持了光伏产业发展。但到了 2021 年，一个重磅拐点来了：中央财政宣布取消光伏发电补贴。

很多人会觉得，不给补贴了，是政府不看好光伏了。其实并不是这样的，过去二十年，光伏产业非常努力，成本下降了 90% 左右。你应该知道，降成本这件事，对任何行业和企业来说，都是一项非常艰巨的任务。光伏能在短时间内，取得这样的成绩，是相当的了不起。

不仅如此，我还看到过一个数据，来自一家国际研究机构，预测未来十年内光伏产业的成本可能还会再下降 15% 至 25%。到 2030 年的时候，光伏会成为中国最便宜的新能源。

你应该能想到，补贴政策的取消，是因为光伏产业已经熬过了“幼年期”，不再需要补贴扶着走路了，能自己跑起来了。这体现了政策方对于产业的信心。

那以前是怎么补贴的呢？同一度电，电网要用高于燃煤发电的电价，来收购光伏企业发的电。燃煤电价每度 4 毛钱，光伏电价每度 8 毛到 1 块钱，这多出来的一半电价，就是中央财政补给光伏的。补贴取消了，那就相当于燃煤电价多少，光伏电价也得是多少，这样电网才更有动力买嘛，这就是行业内常说的“平价上网”。

成本高低，决定着一个产业能不能良性发展。一个新技术、新产品，要想全面普及，价格必须要便宜。就拿电脑来说，1992 年左右，一台电脑要一两万，当时的工资水平大概是两三百一个月，谁家有一台电脑，就会是十里八乡的大新闻。现在呢，两三千就能买一台电脑了，随着价格不断下降，电脑也早已经走进了千家万户。

同样，对光伏这样的新兴行业来说，**成本就是命脉**，决定着光伏能不能被普及，能不能真的走到我们每个人的生活里。

2021 年时，光伏每生产一度电的成本是 0.35 元，11 年前，也就是 2010 年，光伏发一度电成本可是 2 块钱。你想想看，成本 2 块钱，如果不亏本，一度电的价格至少就要卖 2 块多，燃煤电价才多少，一度三五毛钱，那谁会用光伏发的电呢？所以当然就得靠政府补贴，光伏企业才能活下来。现在成本降下来了，电价跟火电比也差不多了，光伏发的电就有了市场竞争力。

按照行业龙头的预测，未来光伏每度电的成本还会降到 0.2 元。也就是说，你家里用火电，一度电要三五毛钱，但是你在楼顶安装个光伏，自己发电自己用，一度电成本才 2 毛钱，那肯定是安装光伏划算啊，光伏被普及的可能性也就大大提高了。

通过补贴取消这样一个重要的拐点政策，我们能看出光伏行业的一个显著特点，就是成本下降的很迅速，这是其他行业达不到的。

在光伏产业链的每个环节，比如硅料、硅片、电池、组件，还有后期运营和维护等，都在不断的降低整体成本，有的是通过管理提高效率，有的是通过技术提升，还有的是通过生产规模化等等。除此之外，咱们前面也提到过各种政策，比如给补贴的、政府采购的等等，它们的最终目的，也是为了促进光伏成本降低，让光伏更快被普及。

政府取消补贴这样一个拐点政策，就像是光伏的一个成人礼，意味着光伏能自己去面对市场了，相信不久之后，光伏能真正成为我国实现碳中和的骨干力量。

好，我们总结一下：要想快速看懂光伏产业，政策是个绝佳的切入口，在这么多的政策中，我们要重点看两类，一类是延续的政策，另一类是拐点的政策。看到政策给产业带来的整体趋势还不够，然后我们还要沿着这个切入点往深入看，看政策到底影响了产业中的哪些环节。这样，我们就能看到，快速降本光伏产业的最大特点，也是它最关键的任务。到这一步，产业的下一步发展方向也就清晰了。

新政策

2021年6月推出的“整县推进”政策：光伏如何实现规模化？

在导论中我们讲过，政策是看懂光伏的重要切入点。从这门课开始，我先带你看两项重要政策，看它们是怎么引导产业发展的。这一讲，我们先看“整县推进”这项政策，是怎么帮助光伏继续规模化发展的。

我想先问你一个问题，如果你是光伏电站的老板，正在考虑安装光伏电站，你会选择在园区里集中安装光伏电池板，还是到各家各户的楼顶上安装光伏电池板呢？当然是集中安装，对吧？无论是哪个行业都会选择规模化发展，集中采买设备和原材料会更划算，也更方便管理。

但是，光伏产业目前侧重选择了另一种方案，也就是到各家各户安装光伏电池板，发展分布式光伏。这是怎么回事呢？

要搞明白这个问题，你需要知道这两种光伏电站分别什么样。分布式，就是指在建筑的屋顶、外墙等各种分散的空间里，安装上光伏设备。而集中式，就是指在一大片空地上集中建起来的光伏电站。一个中等规模的集中式电站大概占地两三千亩，相当于两三百个足球场。

我们在发刊词中说过，我国光伏产业用了十年时间，把光伏的安装总量从起步做到全球第一，基本上是集中式的功劳。有组数据显示，2013年，光伏设备的总采购量中，95%是集中式，即便到2020年，集中式也占68%。

既然集中式发展得这么成熟了，为什么还要发展分布式呢？

因为集中式的可安装空间会不断减小。你想想看，刚才说中型电站就要占地两三千亩，面积很大，之前就多集中在咱们国家西部地区。但问题是，伴随着我国城镇面积不断增加，集中式光伏电站建设的越多，可利用的土地也就越少。

除了可利用空间不断减少之外，还有一个重要原因，就是集中式的降本速度在变慢。我们在导论中讲过，成本是光伏的命脉，决定着光伏能不能被普及。过去十年，集中式大规模发展，带动光伏电池板的成本下降了超过85%，但目前看来，下降空间相对不多了。

你再来看分布式，和集中式正好相反，分布式的可利用空间是不断增加的。业内有项数据，说我国每年会增加40亿平米的竣工面积，其中，超过6亿平米都可以用来安装分布式光伏电站，相当于7个三峡大坝的发电量。

而且，分布式的降本空间还很可观，它能省下集中式降不下来的两项开销，也就是土地费用和远距离传输成本。

土地费用很好理解，咱们国家的地寸土寸金，集中式要占那么大面积去建一个电站，费用是很高的。那什么是远距离传输成本呢？咱们国家东部地区是用电密集区，但集中式光伏电站大部分都在西部，把电从西部传到东部，中间上千公里的距离，还要建变电站、铺电网，这些基础设施的搭建成本很高昂，更没法节省。

而分布式可以就地取材，把屋顶、大楼外墙改成光伏板，不需要土地费用；也不用再横跨整个中国，而是哪里产电哪里用，传输距离相当于零。据估算，过去一年，集中式电站的安装成本大概有一千亿，如果都改为分布式，可以省下的费用，合计占总成本的10%，也就是一百亿。

好，这是分布式省钱的本事。除此之外，分布式还能帮人赚钱。

比如，把自己家的屋顶租给做光伏电站的企业，可以收租金；再比如，自己安装设备，自己发电，再把这些电卖给电网，也能赚钱。在山东、河南等一些地方，分布式还成了一项国家扶贫措施，成为农户新的收入渠道。

但你可能会看到一些新闻报道，说有一些农户想把屋顶出租给光伏电站公司，但在签合同同时，却被忽悠着签了安装合同，从包租公变成了电站老板。结果农户不仅没赚到钱，还要继续还安装光伏的贷款利息。

这个事情确实有。它和分布式的特点有关。分布式规模小、单子散，入场门槛、启动成本都相对较低，多是中小型民营企业在经营。推广过程中，多是由企业的销售、推广人员跟户主一个个

去谈合作，如果户主对光伏的认识不够，或者遇到推广人员工作不规范等问题，就容易出现上面说的不好的结果，这也使分布式的推广受到了一些阻碍。

我们在导论讲过，政策会引导产业的发展，甚至改变产业的走向。产业发展遇到了难题，国家能看到，也会想办法解决。

2021 年 6 月，国家能源局针对分布式的推广情况，专门发布了一项通知，叫《关于报送整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点方案的通知》，也就是面向县、市或者区政府，推出了一项“整县推进”的试点工作方案。

落实到具体工作中，就是由各地政府来协调当地的屋顶资源，对屋顶类型、安装比例都做好规划，然后再把这些屋顶资源交给光伏企业，按照规划开展光伏设备的安装工作。比如，党政机关的建筑屋顶，安装比例不能低于 50%；学校、医院、村委会等公共建筑屋顶不能低于 40%；工商业厂房的屋顶不能低于 30%；农村居民屋顶不能低于 20%。

到 2021 年 9 月，全国一共有 676 个地区申报成为“整县推进”试点县，如果它们能在 2023 年底按比例完成分布式安装工作，就能成为“整县（市、区）屋顶分布式光伏开发示范县”。

你看，这项政策等于是精准地抓住了分布式推广不顺的症结。既然推广的难点是太过分散、不成规模，那政策就把这些分散的屋顶都打包起来，让“散单”变成“整单”，光伏企业再推广安装，工作就容易多了。同时，各地积极性也被调动起来，市场活跃了，分布式光伏的安装规模也会大大增加。

咱们国家要推进分布式的决心还不止于此，2021 年 10 月，国务院出台了碳达峰方案，计划到 2025 年，城镇内新建的公共机构建筑、厂房屋顶的光伏，能达到 50%的覆盖率。

有了政策的推动后，产业里的电站运营模式也发生了改变。我们刚才讲过，过去，分布式的规模又小又散，多是中小型民企在运营。现在，规模变大了，吸引了不少央企、国企加入。比如，2021 年下半年，国家电投、三峡集团就一起签约了近百个“整县推进”项目。

我管这种模式叫“国民合作”，就是央企、国企和民企合作，我觉得这是一个好趋势，能帮助分布式的推广、运营、管理等各环节工作更加规范、高效。

在这个合作模式中，央企、国企的稳定性和民企的灵活性，可以很好的结合在一起。央企、国企主要负责签约项目，它们的资金实力雄厚，对项目收益率的要求比民企低，能给农户、公用事业等收益低的项目起托底作用。民企作为合作伙伴，从央企、国企的手上接单子，负责开发、实施、运维等具体工作。民企还能利用自己的灵活性，在全国各地设网点，提供上门服务。

听到这儿你可能觉得，政策很好，但还是会担心，大企业的加入会不会导致垄断发生，小企业的利益能得到保障吗？

2021 年 7 月，国家能源局公布了一份文件，叫《对分布式光伏电站整县推进的疑问》，文件中不仅解答了这个问题，还要求各地政府在开展“整县推进”工作时，要严格遵循五项原则，其中明确提到了五个字：竞争不垄断。这五个字背后是在强调，政策推进过程中，还是要坚持市场主导，让企业充分竞争。

这么多分布式的政策出台后，效果如何呢？我们来看一组数据，2016 年，也就是分布式刚开始发展时，光伏新增装机量中，分布式占比是 15%；2020 年，分布式占比还不到 35%；2021 年，分布式占比达到 55%，历史上第一次超过了 50%，发展速度大大增加了。

我预计在 2022 年底，还能看到一些不错的效果。

好，这一讲说到这儿，我们再回顾一下。光伏继续保持高速发展，分布式就要成为推广主力。分布式由于项目分散、规模小，导致推广起来有些缓慢。为了解决这个问题，政府出台了“整县推进”政策。经过各地政府对当地屋顶资源的协调后，分布式的推广效率提高了。

2. 光伏产业概况：光伏是太阳能光伏发电系统的简称，是一种利用太阳电池半导体材料的光伏效应，将太阳光辐射能直接转换为电能的一种新型发电系统，有独立运行和并网运行两种方式。

同时，太阳能光伏发电系统分类，一种是集中式，如大型西北地面光伏发电系统；一种是分布式（以>6MW 为分界），如工商企业厂房屋顶光伏发电系统，民居屋顶光伏发电系统。

光伏行业发展至今，主要经历了 4 个阶段，在初期刚推出大规模商业化，新增装机量年复合增速为 81%，成长期（主要发展地在中国）增速为 22%，目前平价期刚刚开启。

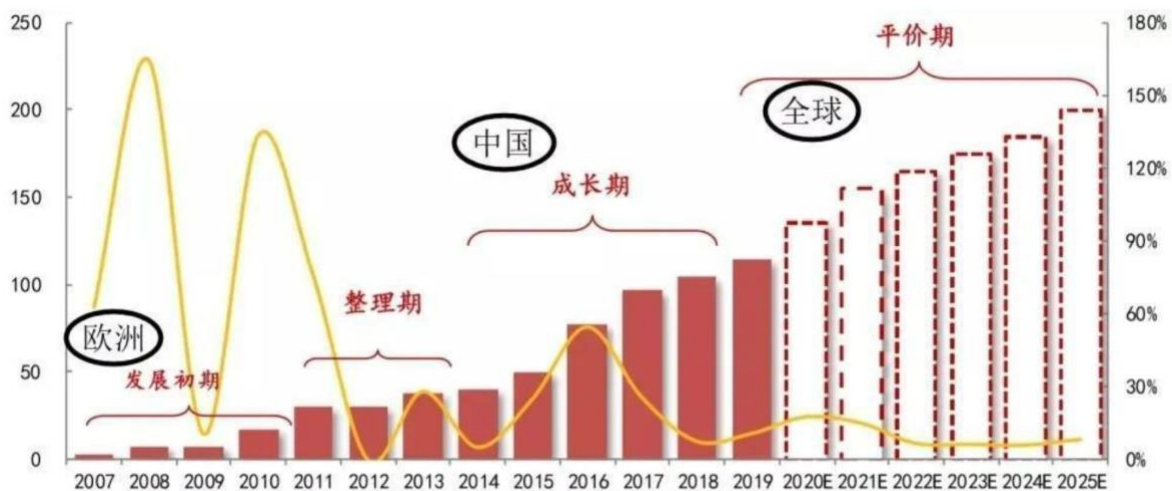
发展初期 2004-2010 年：新增装机量年复合增速达 81.0%，主要发展地在欧洲各国。光伏发电大规模产业化兴起于 2004 年欧洲，以德国为首的欧洲各国推出政府补贴政策，推动光伏产业大规模商业化发展。

整理期 2011-2013 年：新增装机量年复合增速达 12.8%。欧债危机导致欧洲各国政府开始大幅降低光伏补贴，光伏投资收益率下行导致下游需求减少，早期行业上游快速扩张进一步加剧供需失衡。

平价期 2019-2025 年：主要发展地在全球。伴随光伏工艺技术的不断进步和成本改善，光伏发电在很多国家已成为清洁、低碳、同时具备价格优势的能源形式，光伏开始进入全面平价期，全球光伏市场有望将开启新一轮稳健增长。

与此同时，美国、欧洲在 2011、2012 年相继对中国光伏产业发起“双反”调查，致使光伏行业整体打击惨重，2012 年全球光伏新增装机量首次下滑。

成长期 2014-2018 年：新增装机量年复合增速达 22.1%，主要发展地在中国。2012 年，中国为应对美、欧“双反”调查、加大光伏应用补贴力度，发布《太阳能发电发展十二五规划》，并于 2013 年 7 月正式发布《国务院关于促进光伏产业健康发展的若干意见》，明确电价补贴标准和补贴年限。至此，中国接替主导光伏产业发展的接力棒，开启光伏产业的第二轮快速成长期。



光伏产业链：

光伏产业链主要包括上游原材料采集加工，中游电池片组件制造、以及下游光伏电站建设运营。

光伏产业链上游包括单/多晶硅的冶炼、铸锭/拉棒、切片等环节，中游包括太阳能电池生产、光伏发电组件封装等环节，下游包括光伏应用系统的安装及服务

3. 上游市场详细介绍：

光伏的上游产业链指的是光伏原材料的加工，包括金属硅——多晶硅——硅片——银浆——PET 基膜——氟膜。

金属硅

金属硅是用大自然界蕴藏极为丰富的硅石来冶炼的。硅石的成分是二氧化硅，也叫石英，纯些的就是水晶。从硅石到硅本质上是一个还原过程，因此还要用到还原剂碳，碳有直接用煤炭的，也有用木炭和焦炭的，近期光伏则主要用的是石油焦，原因其杂质较纯。

薄膜硅路线

薄膜硅的源头也是采用金属硅，先制成硅烷气，然后通过气相沉积技术在薄膜衬底上形成非晶硅薄膜，之后制作 PN 结，形成薄膜电池组件。

除了用硅作为薄膜外，还有用碲化镉、砷化镓、和铜铟镓硒（CIGS）等材料作为原料的。由于大自然所蕴含的所有元素中，硅占了四分之一多（27%），另外氧占了 42%，因此，其余的元素很少。尤其是碲、镉、镓、铟等，都是电子行业和航天产业的极其宝贵的元素。

多晶硅

多晶硅按照产品纯度的不同，可分为工业硅、冶金级多晶硅、太阳能级别多晶硅、及电子级别多晶硅。用于光伏生产的是太阳能级多晶硅，一般纯度在 6N~9N 之间。电子级别的多晶硅对于产品纯度要求更高，一般要求 9N 以上，应用于电力电子上的硅材料纯度要求更高，通常要求纯度达到 11N 以上。

太阳能级多晶硅处于晶硅光伏产业的上游环节，多晶硅料经过融化铸锭或者拉晶切片后，可分别做成多晶硅片和单晶硅片，进而用于制造晶硅电池。电池片制得后，就是组件封装。组件封装其实也包括许多材料，如白玻璃，EVA 等，

全球多晶硅需求增长：光伏发电优势促进硅料需求(2020-2025)：光伏产业链成本不断降低，全球将陆续实现光伏平价发电和能源替代，光伏装机将快速增长。预计 2025 年装机容量达到约 350GW，年复合增长率超 20%。届时年硅料需求将达到约 110 万吨。未来对多晶硅纯度的要求越来越高(光伏级和电子级)。

未来对多晶硅纯度的要求越来越高(光伏级和电子级)

国内多晶硅产能产量提高，市场份额持续攀升。根据中国光伏行业协会数据，2019 年，全球多晶硅产能 65.5 万吨，产量 50.8 万吨，我国多晶硅产能 46.6 万吨，产量 34.2 万吨，同比分别增长 20.4% 和 32.0%，国内多晶硅产能和产量占比分别达到 69.0%和 67.3%。2019 年全球生产规模前十大企业中，中国企业多达 7 家。

硅料：产能释放周期较长，供需错配推动价格大幅上涨。

多晶硅生产技术主要有三氯氢硅西门子法和硅烷流化床法，产品形态分别为棒状硅和颗粒硅。据 CPIA 统计，2020 年我国多晶硅产量 39.2 万吨，同比增长 14.7%，其中三氯氢硅西门子法生产占比 97.2%，未来仍将是主流生产工艺。相较于产业链其他环节，多晶硅具有产能投资金额大、技术工艺复杂、投产周期长等特点。今年以来，随着疫情影响的逐步消退以及碳中和、碳达峰等相关激励政策出台，光伏装机需求持续火热，供不应求推动多晶硅料价格暴涨。2021 年 1 月 6 日至 2021 年 11 月 3 日，光伏级多晶硅料价格由 10.79 美元/千克飙升至 35.81 美元/千克，涨幅近 2 倍，行业步入高景气通道。集中度方面，当前我国多晶硅行业已基本完成洗牌，龙头企业产能、技术、成本实现全面领先，2020 年我国多晶硅产能 CR5 为 85%。

硅片：单晶趋势明确，双寡头垄断格局延续。硅片主要有单晶和多晶两种类型，单晶硅片相较于多晶硅片有更高光电转换效率，且在碎片率、机械强度上更优，现已成为市场主流。据 CPIA 统计，2020 年我国硅片产量 161.3GW，同比增长 19.7%，其中单晶硅片占比 90.2%，预计未来还将继续提升。硅片行业市场集中度较高，呈现出隆基股份、中环能源双寡头垄断格局，2020 年两者产能合计占比约 56%。近年来随着硅片制造技术的逐步成熟以及单位设备投资额的持续下滑，行业进入壁垒不断降低，吸引了许多新玩家入局，竞争加剧推动行业龙头开启一体化转型，隆基股份向下游电池片、组件环节延伸，中环也积极布局叠瓦组件领域，预计未来一体化布局将成为行业未来的发展趋势。

上游硅料的故事讲解

我在导论里提到，对光伏这样的新兴行业来说，成本是命脉，它决定着光伏能不能普及，能不能走进我们的生活。从这一讲开始，我们就来看看光伏产业是怎么降成本的。**这一讲，我们先说硅料。**

硅料这个概念离我们有点远，我先解释一下，硅料就是高纯度的硅，我们日常见的沙子，就可以提炼为硅。硅料提炼出来后，先拉成硅棒，再切成硅片，然后经过一定的化学处理，就能做成太阳能电池了。

我们看光伏产业降成本，为什么要先看硅料呢？因为硅料是整个产业最上游的加工原材料，它的成本最高能占电池成本的 4 成。如果硅料成本高、价格贵，那下游的电池价格就贵，整个光伏产业的成本就下不来，也就没办法快速普及了。

除此之外，硅料还是影响太阳能电池板发电效率的关键材料。硅料的纯度越高，太阳能电池板发

的电就越多。如果单块电池板的发电效率提升了，也就相当于是间接降低成本，有利于光伏普及。所以，硅料就是我们观察光伏产业降成本的首要切入口。

关于硅料，我想请你关注一个重要变化，就是过去几乎被市场抛弃的老技术——颗粒硅，现在又重新得到了市场的青睐。一个最明显的信号是，硅料第二大生产企业保利协鑫，在做 2022 年产能规划时，几乎全部投资都给了颗粒硅。而在 2021 年，颗粒硅还只占这家企业硅料产能的 4 成。而且，除了企业在押注，大的投资机构也在投票，高瓴资本就给保利协鑫投资了 25 亿港元，让它去扩产。

颗粒硅这个老技术为什么能在现在这个时间点复苏？这背后意味着光伏产业在降本方面的什么新机会？这一讲我们就来聊聊这件事。

我先给你介绍一下颗粒硅，它是和块状硅相对的一组概念。颗粒硅的成品是一个直径 2 毫米左右的小球，跟一颗绿豆差不多。块状硅的成品呢，个头比较大，形状也不规则。

颗粒硅和块状硅背后的生产工艺是不一样的，具体的工艺名称你不用知道，你只要知道，它们也代表了两种技术路线就行。

过去 10 年，在硅料市场一直占据主导地位的是块状硅，市场份额超过 90%。近 5 年更是达到 95%，而颗粒硅的市场份额则不超过 5%。这主要是因为，块状硅的生产工艺比颗粒硅成熟，纯度更高。目前来看，块状硅的纯度，已经从太阳能级电池迭代到了电子级电池的标准，可以用来生产一些半导体产品。

而颗粒硅的纯度呢，这几年才基本达到太阳能电池的标准，但是即便达标了，现阶段，颗粒硅在量产过程中还是会掺杂粉尘等杂质，所以成品质量没有块状硅高。

那么问题来了，为什么一些大企业放着更成熟的块状硅技术不用，转而去押注颗粒硅这个“落后生”呢？

行业里有一种主流观点认为，颗粒硅所代表的这个老技术之所以能复苏，就是因为过去一年的硅料市场供不应求、价格大涨。2021 年，硅料的价格翻了近两倍，非常紧缺。这种情况下，下游市场，比如生产太阳能电池的企业，也就不那么挑剔了。颗粒硅的纯度虽然没有块状硅高，但是用来生产太阳能电池是够用的，有点瑕疵也能接受。

但你可能也想问，价格上涨只是个短期因素，等硅料价格回落了，市场对颗粒硅的需求会不会大幅减少呢？保利协鑫把未来一年的产能全部押到颗粒硅上，会不会太冒险了？

我的答案是，不会。而且我有一个判断，颗粒硅复苏并不是一次短期选择，而是一个长期趋势。10 年左右，颗粒硅的市场份额可能会从现在的不足 5%，增加到 20%，甚至更高。

为什么我敢下这个判断呢？因为相比块状硅，颗粒硅才是更加符合光伏产业降成本这一核心命题的。我有两个理由，你听听看。

第一个理由是，随着技术越来越成熟，颗粒硅的生产成本是比块状硅更低的。能低多少？块状硅现在每公斤的生产成本是 30-35 元，而颗粒硅会再低 20% 左右。

这 20% 低在哪儿呢？很多方面，比如，颗粒硅的设备投资成本低，因为它的生产环节比块状硅少一半还多。再比如，颗粒硅的人力成本也低，因为块状硅要敲碎成块，需要人力，而颗粒硅不需要。

不过，这些都不是颗粒硅被市场长期看好的最主要原因。最主要原因是，从长远来看，颗粒硅能够节省大量的能耗成本。

无论是颗粒硅还是块状硅，在生产成品的时候都得高温加热，进行化学反应，这就需要消耗电力。块状硅生产过程中需要保持 1100 度的高温，每公斤要用掉 60 度电。相比之下，颗粒硅只要 700 度左右的高温就够了，理论上，每公斤最低只需要 15 度电，是块状硅耗电量的 1/4。如果我们按一度电 5 毛钱，全球每年需要 60 万吨的硅料产能来大致计算的话，理论上，颗粒硅一年就能比块状硅节省 135 亿元。

更何况，我们发展光伏产业，为的就是清洁能源。如果上游硅料环节的能耗很高，碳排放很高，那不就偏离了碳中和目标，光伏产业普及也就更远了。

在我看来，因为能耗成本更低，颗粒硅的发展速度会比我们想象的要快。因为在中国光伏产品出口中，有 30% 左右是出口欧洲的，而欧洲对进口商品的碳排放要求是最严格的，监管部门会向中国的光伏出口企业征收碳排放税。而颗粒硅比块状硅耗电少，对应的碳排放更低，所以使用颗粒硅，将是中国光伏企业降低碳税成本的更好解决方案。

好，这是第一个理由，颗粒硅有长期发展的潜力，是因为它的生产成本更低，尤其是能耗成本低。

我的第二个理由是，相比块状硅，颗粒硅还会提高下游硅棒环节的生产效率，间接降低产业成本。

前面我提到，一块太阳能电池要想做出来，得先生产硅料，硅料先拉成硅棒，再切成硅片，然后经过一定的化学处理，才能做成电池。

我们重点来看”硅料拉成硅棒”这个环节。你可以想象你的面前有一口大锅，如果是用块状硅做硅棒，过程大概是：你先投一些硅块进锅，随着温度慢慢上升到上千度，块状硅就全部熔化了，这个时候你就可以拉硅棒了。拉完之后，如果你想往锅里投入新的硅块，需要先等锅内温度冷却下来，再往里投硅块，加热到上千度到硅块完全融化，再拉硅棒。

你听我描述这个过程也能发现，用块状硅做硅棒，硅料得一次一次加，中间需要经历锅内温度冷却再升高的过程。而如果用颗粒硅做硅棒，这个过程就省去了，可以一边加硅料，一边拉硅棒。这么一来，硅棒的生产就是不间断的。同时，切硅片的效率也就大幅度提升了。

那为什么块状硅不能连续生产，而颗粒硅可以呢？这背后的原理，我来做个类比就更容易理解了。你可以把块状硅想象成是一大块牛肉，把颗粒硅想象成是一颗颗的牛肉粒。如果锅里的水一直保持 100 度高温的话，你把一大块牛肉放进去煮，最后煮出来就是外面熟、里面生。要想里外都熟透，就得等水温降下来点，再把牛肉块放进去，然后一点点加热。但是这么一来，效率就比较低。而颗粒硅相当于牛肉粒，它非常容易熟，而且不需要那么高的水温，就可以里外都熟透。

所以，颗粒硅能够改变下游的生产流程，以前得拉完一次硅棒、加硅料融化、再进行下一次；现在是一边加硅料一边拉硅棒，不间断生产。这对光伏产业来说，是非常重要的降本增效的方案。

当然了，颗粒硅的这两个优点，以前市场也都知道，只不过受限于技术工艺不成熟，生产过程比较危险，所以一直没大规模应用这个技术。现在随着工艺越来越成熟，颗粒硅已经能够做到规模化量产了。

而且，在碳中和的大目标，还有光伏产业降本这个核心命题的背景下，颗粒硅的优势更加凸显出来了。原来是不被市场看好的老技术，现在它找到了更需要它的应用场景，比如出口欧洲，迎来了新的增长机会。不过，颗粒硅要想真正做到大规模普及，前提是技术工艺还得继续迭代，解决掉生产过程中的杂质等问题，不断提高成品的纯度。

另外，颗粒硅重回市场这件事也给了我一个启发，就是以后在看待一个新兴产业的时候，不能光追着新技术看，技术不是越新越好，符合产业阶段性发展的核心要求才是最好的。现阶段，光伏产业需要更清洁地降低成本，颗粒硅是更好的选择。如果你也关注光伏产业，不妨找找看，哪些技术是紧扣光伏产业降成本这个核心命题的，它有没有可能在当下这个阶段找到适合自己的应用场景。

好，我们总结一下这一讲，我们要想看明白光伏产业怎么降成本，硅料是首要的切入口。硅料领域的一个重要变化是，颗粒硅这个老技术重新得到了市场重视，因为它的能耗更低，并且能提高下游硅棒环节的生产效率，间接降低产业成本。我的判断是，颗粒硅复苏不是一个短期选择，而是一个长期机会。

上游市场分析：随着光伏市场不断发展，高效电池将逐渐占据主导地位。据预测，未来几年单晶硅电池市场份额逐步增大。2018 年单晶硅片市场份额已超 40%，2019 年超过半。未来，单晶硅市场占比将进一步提升，其中 N 型单晶硅片的市场规模也将逐年扩大。

受下游需求旺盛、限电等因素影响，2021 年光伏原材料价格也出现了较高幅度的上涨。硅料价格从年初的 8.4 万元/吨，最高上涨到 26.9 万元/吨，涨幅 220%。其他原材料 EVA 胶膜、光伏玻璃、背板等均出现了一定幅度的上涨。组件环节，182mm 单面单晶 PERC 组件价格从年初的 1.7 元/Wp，最高上涨到 2.1 元/Wp，大超市场预期。2021 年底硅料价格和组件价格均有所下降。硅料报价 24.7 万元/吨，相对高点下降 8.2%。组件价格也下降到 2 元/Wp，相对高点下降 7%。



4. 中游市场：

中游包括太阳能电池生产、光伏发电组件封装等环节。

2022 上半年组件表现亮眼：

2020 年 5 月 17 日，国家能源局发布 1-4 月份全国电力工业统计数据。光伏发电以 16.88GW 斩获新装机容量第一名，同比增长 138%。其中，4 月新增装机 3.67GW，同比增长 110%、环比增长 56%。2021，光伏因硅料短缺，价格大幅飙升。几度硅料价格过高推升下游成本，导致终端电站建设需求放缓，供需失衡，陷入价格拉锯战。夹在中间的电池和组件，价格却难以同步上涨。

可是，2022 年，在硅料大涨的同时，下游也同步上涨，组件价格甚至一度突破 2 元/W。电站投资企业一反常态，选择在组件价格高位开工。

由于供需错配等多方面原因，硅料供不应求，涨价贯穿 2021 年。价格从年初的 8.5 万/吨一路上涨到 27 万/吨，涨幅高达 217%。2021 年末，在硅料放量预期与年末抢装的共同作用下，硅料价格出现回落跌至 23 万/吨。

2022 年，下游需求有增无减，硅料再度踏上涨价的路途。年初至 5 月 11 日，硅料实现 16 连涨，价格来到 26 万/吨。此后，硅料连续三周保持高位，价格维持在 26 万/吨左右。

去年的故事情节是硅料大涨，但是难以有效传导到下游电池和组件上；而今年的涨价同样出现了这种情况，硅片和电池的涨价趋势相对平缓。但是在组件端，剧情和去年却有明显不同。组件的价格没有像去年一样疲软，而是出现了明显的涨幅。

解读这一差异性，需要逐本溯源。显而易见，商品价格的上涨都是需求终端传来的，光伏组件也不例外。据国家能源局数据显示，2022Q1 国内光伏新增装机 13.21GW，同比增长 148%，其中分布式占比近 70%；组件出口 41.30GW，同比增长 108.5%。

这组数据有两个明显的亮点需要注意：其一，分布式继去年的火热后，增长势头有增无减；其二，组件出口数据十分惊人。

高位开工关键：分布式与补贴

首先来看分布式光伏，其火热的背后，与出台的政策不无相关。

2021 年，国家重磅推出整县推进政策。在政策背书下，全国各地掀起了分布式光伏建设的浪潮。其意义不单单如此，实则极其深远，甚至于重塑了产业格局。

以往，光伏的投资建设都是以集中式为主。这种在沙漠、山区等空旷地区大规模建设电站的方式，优缺点明显。

优点便是体量较大，形成规模后，便于扩容；发电量稳定，可直接并网，再传输给远距离的用户。缺点便是电力传输过程中的损耗和多种设备的协同管理。

分布式光伏虽然体量较小，但胜在灵活，应用场景广泛，在各大景区，工业园区，商业区，住宅区皆可推广。

最为关键的优势在成本上。分布式光伏由于采用现有建筑为基础，产权方面归业主所有。因此，没有土建费用和建设费用。尤其是户用型分布式光伏，基本上不用并网，电力自产自消，省去了升压站和线路费用。

据中信建投测算，集中式光伏成本大概为 4.17 元/W，而户用分布式光伏的成本仅仅为 3.19 元/W，差距巨大。

要知道，动辄 MW、GW（1GW=1000MW=1000*1000KW=1000*1000*1000W）级别体量的光伏建设，几分钱对利润影响也是巨大的，更何况二者的价差已经接近 1 元。

巨大的成本差，点燃了分布式电站建设的热情。

此外，电力成本的上升也在影响着分布式光伏的推进。

2021 年 10 月 11 日发布的《国家发展改革委关于进一步深化燃煤发电上网电价市场化改革的通知》中明确提到“将燃煤发电市场交易价格浮动范围由现行的上浮不超过 10%、下浮原则上不超过 15%，扩大为上下浮动原则上均不超过 20%，高耗能企业市场交易电价不受上浮 20%限制。”

石化、化工、煤炭、冶炼、建筑材料等产业均是高能耗企业，可以上浮超过 20%的电价，这无疑加大了企业的成本。

所以，无论家庭还是工厂从节约成本的角度选择安装分布式光伏。

还有一点不得不提的是，各级政府对分布式光伏的补贴同样有效刺激了需求。

虽然，2021 年 4 月，发改委发布《2021 年新能源上网电价政策相关事项的通知（征求意见稿）》提到，2021 年起新备案集中式光伏电站、工商业分布式光伏和新核准陆上风电项目，中央财政不再补贴。

不过，北京、浙江、江苏、广东等省份的 18 个地区仍然给予分布式光伏补贴。

就在近期，根据新闻联播报道：5 月 11 日，李克强总理主持召开国务院常务会议，会议提出：在前期向中央发电企业拨付可再生能源补贴 500 亿元、通过国有资本经营预算注资 200 亿元基础上，再拨付 500 亿元补贴资金、注资 100 亿元。

与此同时，去年年底抢装的工期一般截止在第二季度之前，这种状况也在一定程度上影响了供需关系。

综上所述，分布式的成本和持续的补贴政策是下游电站投资选择在组件价格高位开工的关键原因。

涨价的底气：组件出海

光伏装机的第二个亮点就是，相比于国内，组件更大的增量在海外市场。

盖锡数据显示，2022 年 1-4 月中国光伏组件累计出口量为 53.72GW，同比+348%，比起国内 16.88GW 的装机量，显然出口对组件增量的贡献更大。

欧盟对天然气极度依赖。近期的俄乌局势使得欧洲加速新能源替代的进程。从数据上看，出口至欧洲部分国家组件出口量为 23.86GW，同比上涨 132.4%。

印度等地区因为疫情影响，延迟的需求于 2021 和 2022 年开始爆发，巴西国内补贴升级催生光伏组件进口。

我国光伏产业无论从成本、性能以及供应链等方面具备极强的竞争力，即便具备产业基础的国家也难以撼动中国组件龙头地位。部分产业基础薄弱的国家，只能依赖进口。

中国光伏组件全球市占率常年超过 50%，出口贸易占据营收较大比例。根据 2021 年年报披露，隆基股份（601012.SH）、晶科能源（688223.SH）、晶澳科技（002459.SZ）、天合光能（688599.SH）四大光伏组件企业海外收入占比分别为 46.89%、78.31%、60.88%、62.53%。同时，外币应收账款占据了相当一大部分比例。

在人民币大幅贬值的情况下，国内组件厂商一方面通过出口提高了人民币的收入，另一方面外币升值产生的汇兑收益也提升了利润。

通过以上数据我们还可以发现，各组件企业在海外业务比重的差别，直接影响到了出货量排名。

根据索比光伏数据显示，2022 年光伏组件 1 季度出货量晶科能源斩获第一。根据上文我们也可以看出，晶科海外业务是几大巨头中占比最重的。同样地，出口占比最少的隆基股份，退出龙头位置，仅仅排名第四。

可以看出来，在海外需求激增的前提下，各企业海外市场布局对未来组件竞争态势影响较大。

综上所述，在海外需求爆发的背景下，作为直接面临终端需求的组件环节，凭借明显的产业优势，在出口端掌控话语权，有足够的理由也有足够的底气去涨价。

在光伏产业链条中，除了组件外，哪些环节具备更好的利润，更高的增长弹性？

根据发布的光伏一季度财报，我们发现了比较有趣的现象。比如说，**硅料企业摘夺净利润三甲位置**，龙头通威股份（600438.SH）登顶营收、利润双榜首。**组件企业营收虽然同比上涨，但是利润却较硅料企业相距甚远。**

硅料企业在一季度的表现可谓是一枝独秀。市场最关注的点仍旧是硅料价格，即便未来有大量的产能释放，可是疫情、停机等因素使得产能扩张不及预期。并且，硅料产能爬坡本就是一个缓慢的过程，只能低于预期。

财联社 5 月 27 日电，工信部数据显示，多晶硅环节，3-4 月份全国产量约 12.2 万吨。

观察硅料环节的生产运行及出货情况，目前硅料企业大多满产运行，业内人士预测，预计 5 月国内多晶硅产量约 6.22 万吨，环比增加 7.2%。

各硅料企业 5 月订单大多签完，**部分硅料企业面临订单超签，无料可供的现状。**

产能虽然低于预期，不过，**需求确实有着超预期的需求**，这一次我们将目光锁定在国内。

就在近日，国家能源局预计今年新增新能源重点项目将带动太阳能发电、陆上风电计划投资额同比增长 202.6%、13.3%。

5 月 30 日央视网朝闻天下栏目报道：国家能源局最新数据显示，截至目前，光伏发电在建项目 1.21 亿千瓦，预计全年光伏发电新增并网 1.08 亿千瓦，同比上年实际并网容量增长 95.9%。

1.08 亿千瓦也就是 108GW，这个数据超出了之前的各大研究机构和媒体的预期。

硅料短期产能难以释放，光伏需求超预期的背景下，由此可以推断，硅料价格仍旧维持坚挺。

光伏在 2022 年第一季度用“淡季不淡”给人留下了深刻的印象，在**国内与海外需求高增**的前提下，光伏热度有增无减，这也给予了光伏涨价坚实的基础。

对于产业各环节而言，存在着“变”与“不变”。在“变”与“不变”之间，我们沿着蛛丝马迹努力去追寻背后的逻辑。



组件：一体化布局龙头企业抢占市场份额，行业集中度持续提升。相较于光伏产业链其他环节，组件加工生产技术相对简单，一体化降本优势显得尤为重要。同时由于组件下游直接对接终端装机需求，企业品牌、服务以及渠道也是其核心竞争力的重要组成部分。因此，具备品牌渠道优势、上下游一体化布局的龙头企业纷纷开启扩产浪潮，持续抢占市场份额。据 CPIA 统计，2020 年我国光伏组件产量 124.6GW，同比增长 26.4%。我国前五大光伏组件厂商出货量达 86GW，占全球光伏新增装机量的 68%，2019 年这一比例仅为 45%，行业集中度呈现明显的提升趋势。

光伏盈利能力

光伏盈利能力最优的环节集中于上游硅料以及光伏玻璃行业，具备上下游一体化优势的龙头企业最受公募基金青睐。硅片、电池片以及组件行业市值较大，接近万亿规模。2021Q3 盈利能力 ROE 水平较高的行业集中在上游硅料（22.27%）、光伏玻璃（28.43%）行业。但公募基金的配置偏好与盈利能力的高低并不完全一致，具备一体化竞争优势的龙头企业更受公募基金青睐，例如“硅片+电池片+组件”一体化龙头隆基股份（0.49%），“逆变器+储能”龙头阳光电源（0.29%）以及“硅料+电池片”龙头通威股份（0.14%）。

股市行情驱动力是装机需求的周期性复苏。

以 2019 年为分水岭，行业开始摆脱政策周期性走向内生成长，装机需求由政策驱动转变为市场驱动。光伏行业景气驱动力是全球装机需求，以 2019 年为分水岭，通过多年的技术迭代和降本增效，光伏发电综合成本开始低于火电，行业开始摆脱政策周期性走向内生成长，装机需求由政策驱动转变为市场驱动。过去股市行情与全球装机周期同步。当行业装机需求进入反弹期时，光伏行业较万得全 A 指数也会出现超额收益，如 2015 年、2020 年光伏指数相较万得全 A 均出现过翻倍的上涨。以往光伏行情与周期品类似，表现为牛短熊长，高波动，但历史底部中枢向上。当行业发展驱动逻辑转变为全球平价之后，需求不再由脉冲式补贴政策主导，稳定性提升，行业整体估值中枢整体上移。

图 12: 2019 年后全球光伏进入平价上网时代，行业由政策驱动转变为市场驱动

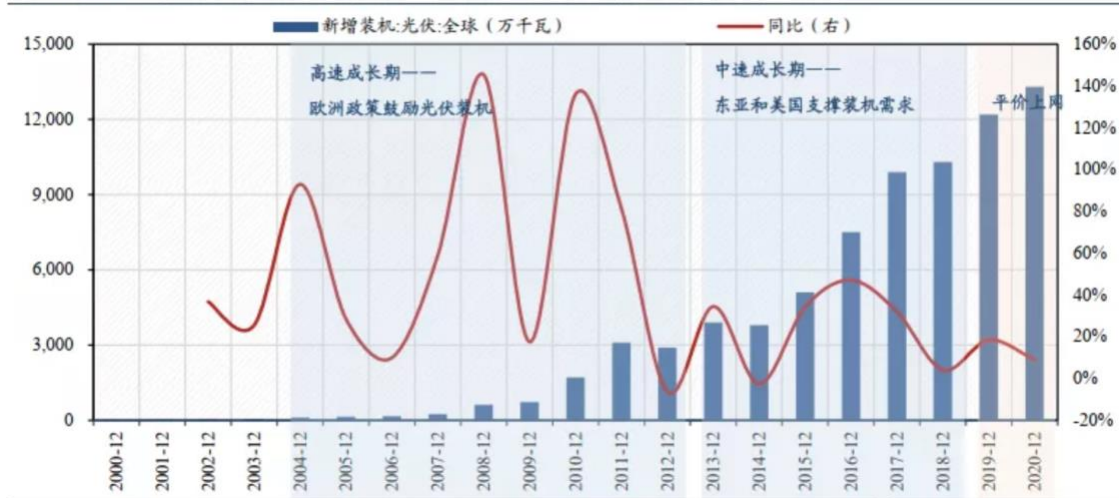


图 13: 光伏超额收益出现在装机量高度反弹时期



光伏上游（硅料、硅片）投资遵循周期品逻辑，中游（电池片、组件）类消费品逻辑。光伏产业链上下游换节点进入壁垒和扩产周期不一，不同换节点核心竞争力和价值量不同。最下游光伏电站投资有类债券属性，电站一旦建成，主要支出是财务费用和折旧费用，维护费用低，项目 IRR 决定投资重要因素（一般电站 IRR 要求在 8% 左右，6% 是底线，这意味着组件成本超过 1.8 元 /wh 会抑制终端需求）。光伏上游（硅料、硅片）投资逻辑类似周期品，硅料从建设到达产需 18 个月、硅片需 1 年，由于重资产、建设周期长、同质化程度高、技术路径稳定，所以上游进入壁垒和周期性较强，龙头企业的核心竞争优势是成本，行情驱动力主要看供需缺口。光伏上游（硅料、硅片）投资逻辑类消费品，两者共同特点是，新进入者外购设备就能生产标准化产品，进入壁垒和建设周期比上游低，电池片是最容易扩展的环节，且技术路径更新较快，技术更新和需求景气都会驱动该环节产生超额收益。组件在生产环节同样没有高壁垒，但品牌和渠道建设长时间积淀。

海外电价上涨，光伏发电价格接受度提升。

在市场化电价交易中，在满足用电需求的前提下，电价由成本最高的供给方决定。SEIA 描绘了德克萨斯州能源批发市场的电力供应曲线，描绘系统需求、边际发电和能源价格之间的关系。当用电需求处于低负荷时期，实时电价由成本较低的光伏、核能发电成本决定；随着电力负荷的提升，电价会依次由发电成本更高的煤电、天然气决定。长期看天然气的价格中枢有望上移，原因在于在全球低碳转型背景下，传统油气龙头增加资本开支意愿极低，全球矿业开采巨头必和必拓

宣布退出油气业务。Fitch Solutions 研究预测未来五年全球油气资本支出仍呈现递增趋势，但直至 2025 年依然不能恢复 2019 年的水平。而天然气需求仍在增长，供需格局分化将使得天然气价格中枢上移，也抬高了波峰时刻电价，侧面提高了海外对光伏发电价格接受度。

中游企业被上下游“夹击”

2021 年 9 月底，几家组件公司联合对外发了个呼吁信，上游的硅料涨价太厉害了，我们中游的组件企业快撑不住了。

为什么会这样？要知道，过去的 2021 年，上游企业赚很多，怎么中游组件企业却要亏损？还要靠发呼吁信来寻求生存空间？光伏中游企业遇到的，到底是个什么样的难题？这一讲我们就来看看这个问题。

你可能稍微一细想，就会发现这件事情不符合常理。从商业角度来看，组件是中游，上游涨价，中游也跟着涨价，让下游承担不就好了？

但光伏组件对下游的光伏电站不能这么干。一个光伏电站项目，动辄需要上亿元的资金，大部分企业都会选择从银行借钱，赚钱后再还利息，这通常需要 10 年左右才能回本。面对资金压力，光伏电站会制定一套严格的“还债”计划，比如大部分电站内部硬性要求，收益率不能低于 8%，低了项目就不做了。

而在电站前期的建设成本中，40%的资金都是用来买组件。这就导致光伏电站对组件的价格变动非常敏感。大部分电站的运营商会和组件企业提前签订一个长期订单，期间都会保持一个价格，拒绝中途涨价。对于那些还没有启动的项目，如果组件企业提出涨价，项目甚至会直接中止。

组件企业也不是没尝试过，2021 年下半年，组件企业也涨过价，从 1.6 元/W 逐渐涨到 1.8 元/W，甚至更高，想试探下下游的态度。结果，部分电站的收益率直接跌到了 8% 以下，就只能推迟电站的启动建设。你看，组件企业虽说涨价了，但是货卖不出去，也是白涨。

下游不行，跟上游商量，能行吗？2021 年一整年，组件的价格只涨了 15% 左右，上游的硅料价格最高却涨了近 200%，就连硅片也涨了 60%。中游企业拿涨价是一点办法都没有。为什么会这样？

中游企业的困境

我在判断一个行业对外议价能力的时候，有一个很重要的观察指标，叫“行业集中度”。通常会用行业中的前五家或前十家企业的市场占有率来衡量。简单来说，这个指标就是看在这个行业里，有几家企业有话语权。一个行业集中度越高，头部企业的话语权就越强。在产业链中，集中度高的环节，要比集中度低的环节，更有话语权。

好，那我们来对比一下上游硅料、硅片和中游电池、组件，这两者的行业集中度。在 2020 年年末，上游中的硅料企业，通威、保利协鑫等前 5 家的市占率之和达到 88%；硅片企业前 5 家公司的市占率之和也达到 88% 左右。中游呢？电池、组件的前五家市占率之和只有 55% 左右。

说白了，中游没有什么议价能力，硅料、硅片的议价话语权要比组件的议价话语权强得多，组件向上游谈判实在是太难。

你知道，光伏是一个硅料、硅片、电池、组件、电站等上中下游多环节配合的产业，如果一个环节受损，整个产业都会受到影响。但是，产业利润分配不均，组件企业大面积亏损，对下游没法抬价，对上游又没法议价，中游只能靠自己。

在我看来，有些公司这几年的做法很值得中游企业借鉴，总结来说就三个字：一体化。

所谓一体化，就是中游企业也开始做上游或者下游的业务。组件企业既然打不过上游硅料、硅片和下游电站，那就加入它们。

说起来也不是很复杂。先是咬紧牙关，在硅片领域取得绝对优势，包括技术、规模等。然后收购组件公司，开始做电池和组件。电池业务主要是自己生产自己用，组件业务主要是为了推广自己的硅片。硅片的优势，加上电池技术，又是自己采购自己的硅片，所以组件业务得到了快速发展。

这么做，首先带来的一个好处就是东边不亮西边亮，把鸡蛋放在不同的篮子里，风险也就被分散了。隆基的组件业务虽然亏钱、压力大，但是硅片业务赚钱，就可以用硅片的利润去补偿组件业务；如果未来有一天硅片价格开始下跌了，那它的组件业务的成本就在降低了，利润就会有所改善。

一体化后的实际效果怎么样呢？2021 年发出呼吁信的时候，大批中游企业都在亏损，然而一体化企业也很难，尤其是它的组件业务面临巨大挑战，但它还是能保持一定的收益，不至于威胁生存。

德邦证券在 2021 年 6 月出过一个测算数据，如果一家企业，只做组件业务，毛利率只有 0.5%；如果电池和组件它一起做，毛利率可以到 1%；如果再加上硅片，那毛利率能达到 7%。毛利率大小的差别，其实就是亏损和赚钱的差距，倒闭和发展的区别。

说到这儿，你可能会觉得一体化是个美好的解决方案，但事实上，一体化并没有说起来这么容易实现，不是每个企业都能做到的。因为需要大量资金支持，更需要技术上的显著提升，所以导致很多小企业有心无力。

就算大企业完成一体化，也不是就高枕无忧了，还是会面临新的问题。光伏是一个快速发展中的行业，未来可能还会迎来许多次变革，尤其是技术方面。小企业或者新企业，在面对一些新变革时，可以顺应局势快速调整步伐，或者直接投入做新技术，但是大企业“船大难调头”，想要快速做出改变，就不太容易了，这里甚至存在彻底被颠覆的可能性。

但一体化之后，大企业的实力都变得很强，你做你的 A 方案，我做我的 B 方案，不再需要其他环节的企业配合，自己就可以一条龙，活得还不错。这样下去会导致一种情况，就是产业内有几种方案同时存在。而那些只做单一环节的企业，就不知道怎么选择了，没办法，就只能几套方案都做准备。这就会造成资源浪费，也会延缓行业的发展。

好，我们再回过头看看光伏中游组件企业的困境，没法跟上游议价，也没法给下游涨价，一体化的企业就逐步走出了一体化的道路。这条路，有“东边不亮西边亮”的优势，也有平稳应对风险的好处，但问题也很多，尤其是对整个产业来说，会在新技术面前变得更纠结。一体化这种形态接下来会怎样发展，现在还没有定论，我们可以一起观察它的未来走向。

电池

电池：大企业为什么不跟新技术

上一讲，我们讲了光伏产业中，硅料的降本作用。这一讲，我们来看看，电池又是如何降本的。

我们在第三讲储能中讲过，光伏的原理是把太阳能转化成电能。电能会有多少，主要看两个要素：一是天气。阳光越充足，发电量相对会越大，但不是人为能控制的。另一个是光电转化效率。光电转换效率就是光线照在太阳能板上，有多少能被转换成电力，这个比值就是光电转换效率。同样两块太阳能板，谁的光电转换效率高，谁生产的电力就更多，电站也就能赚更多的钱。

光电转换效率跟降本有什么关系呢？

在很多行业中，都会反复强调“降本增效”的重要性。我们把这个词拆开看，就是“降本”和“增效”，这两个词对应着两条降本路径：一个是各类成本的降低，比如生产成本、人工成本等等；另一个就是增加效率，在成本不额外增加的情况下，提升效率就是在降低成本。

在光伏产业中，提高电池转换效率，主要靠太阳能板的核心部件电池。电池技术一旦进行升级，就能显著的降低光伏成本。

我先带你看一下电池在产业链中的位置。我们上一讲讲过，硅料做成硅片，硅片再做成电池，电池接着会跟玻璃、胶膜等材料一起被封装成为组件，也就是太阳能板，然后再卖给下游的电站企业，最终安装成光伏电站。我在文档中放了一张产业链图片，你可以看一看。

我们假设一个光伏电站的原始收入是 100 元，它的电池转换效率每提高 1%，发电量会增加 4.5%，也就是说，电站就能多赚五块钱。你可别觉得这五块钱少，如果在组件端省下这五块钱，得节省 15%的生产成本。如果是在电池片的生产成本上节省，得降低 30%左右。提高 1%的电池转换效率，和节省 15-30%的生产成本相比，当然是前者更高效。

电池降本的作用既然这么大，那肯定会驱使电池技术快速迭代。

2021 年，光伏市场上出现了三种电池技术，一个叫 Perc，一个叫 Topcon、一个叫 HJT，我就直接称它们为技术 1、技术 2 和技术 3。你只用记住，数字越大，技术越先进。实际量产中，技术 1 的转换率是 23%，目前是市场主流，但它从 2015 年发展至今，效率基本到顶了，所以很多公司都在物色新技术。

另外两个技术的转换率都要比技术 1 高，技术 3 是最高的，26.5%，技术 2 居中，25.4%。需要注意的是，技术 3 和技术 2 的数值，是实验室里的，也就是说，它们还没有大规模生产。我在文档中放了一张三种技术转换效率的对比图，你可以看一下。

如果你是电池公司，你会选哪一种呢？大概率是转换率最高的技术 3。

事实上，很多中小型企业也选了技术 3，比如一家叫吴江金刚的公司就把 8 亿的投资额都给了技术 3。但龙头企业却犹豫了，比如，隆基股份、通威股份都表示，会同时跟进多种技术路线。

还有一项数据显示，2020 年时，我国技术 3 的产能规划是 30GW（吉瓦），但在 2021 年，真正落地的产能才不到 7GW。

为什么新技术却不被大公司看好呢？有一种观点说，这是出于商业策略上的考虑，大公司要等新技术有市场热度后再进入。

手机行业此前就有过类似的事情。2019 年下半年，5G 网络开始推广，很多手机厂商也快速推出了 5G 手机，但苹果公司直到 2020 年下半年才跟上。

我们知道，2G 网络支持文字发送，3G 能发图片，4G 能发视频，但 5G 网络，对手机用户而言，只是提高了速度，并没有带来颠覆性的改变。所以说，苹果这样的大公司并不着急，它有足够高的品牌价值，可以等其他厂商把 5G 市场烘热之后，再跟进，快速获得市场

这种观点有道理，但我觉得，大企业不跟新技术还有一个更核心因素。大企业要进行长期效益上的权衡，评估新技术产线的更换，能不能契合自身“降本增效”的大路线。

刚才我们说到，小型企业会对技术 3 全力以赴，龙头企业对技术 3 会看好，但不下重注。比如，隆基就认为目前投资技术 3，性价比还不够，所以会先升级技术 2 产线。晶澳科技也表示，会更快一些进行技术 2 的电池量产。

这是怎么一回事呢？在我看来，龙头企业们主要有两方面的纠结。

第一个纠结是，老产线的投资并没有完全回本，更新技术 3 的产线风险太大。

技术 1 在 2017 年刚开始发展的时候，市场占有率只有 15%，到 2019 年达到了 65%，2021 年达到了 85%。所以，大多数电池公司目前都采用技术 1 产线，很多公司的产线甚至还很新。

在产线上，技术 1 的生产工序是 10 道，技术 2 是 12 道，技术 3 只有 4 道。技术 3 和技术 1 的工序差异太大，如果选择的是技术 3，设备、产线都不能重复利用，新建一条一吉瓦的产线就要投入 4 个亿，而且此前给技术 1 的投资都要打水漂。对企业来说，不仅麻烦，还很不划算。

但如果是更新为技术 2，情况就不同了。因为技术 2 和技术 1 的工序差异小，技术 2 可以利用技术 1 的原有产线，只要做一些技术改造，添加两三道生产工序就可以了。而改造成本也只需要 7000 万左右，和选择技术 3 比起来要划算很多。所以，隆基股份在 2021 年底发债募资时，业内认为大概率主要投向技术 2。

这种情况，就像你开了两个餐饮店，后来生意下滑了，你考虑把餐饮店改成亲子乐园。那你肯定会纠结，一方面，餐饮店的成本还没收回来，又要投入一大笔钱。另一方面，就算改成了亲子乐园，也会面临没有生意的风险。如果是我，我会只把一家改成亲子乐园，或者把每个店铺的一半面积改成亲子乐园，另一半继续做餐饮，也就是亲子餐厅。

对于新入行的中小型电池企业来说，它们直接选择技术 3，相当于开第一家店，没有包袱。但龙头企业就要纠结了，如果全部新建技术 3，那么技术 1 的前期成本没赚回来，还可能会失败。而且，新产线生产的电池，也要有能匹配的组件，才能卖给电站。万一下游组件公司不配合生产，新产线的电池也就没了销路。

就算是大企业财大气粗，选择了技术 3，那它还会面临一个新的问题，就是技术 3 还没发展到商业化的阶段，所以生产成本低、收益低。这就是我要讲的第二个纠结。

我们刚才说到，技术 3 还没到实际生产的阶段，它只有实验室的数据可以参考，也就是 26.5%，我们可以拿业内预测的量产转换率，也就是 24%来看。

技术 1 的量产转换率是 23%，如果想要升级到技术 2 的 24%，只需要改造老产线，一吉瓦的产线大概要 7000 万。如果想要生产技术 3 的电池，量产转换率达到 24%，花费就大了，不仅旧产线不能用，还要再买设备新建一条产线，一吉瓦花费要 4 亿左右。

你以为 4 个亿投出去就好了？并没有，因为现在技术 3 还不成熟，虽然实验室的转换率很高，但性价比想要真的超越技术 1，技术 3 的量产转换率要达到 26%。也就是在目前 24%的基础上，再努力提升 2%。

你看，同样是一吉瓦的产线，同样是达到 24%的转换率，一个技术要投入 7000 万，一个技术要投入 4 个亿，你觉得，哪个更划算呢？

更何况，电池技术日新月异，技术 3 也不是终极方案，更新的技术永远都处于研发的过程中。

你可能会疑问，大企业现在不跟进技术 3，就不怕全押技术 3 的小公司做大之后，颠覆行业格局吗？

我觉得，这个问题不用担心，因为无论研发、还是投产，都需要资金。目前产业里的电池龙头，都是上市公司，不仅资金充裕，而且募资也方便。比如隆基股份在 2021 年底募资了 70 亿元。这个规模，是很多中小电池企业难以企及的。加上很多电池龙头都有组件业务，它们有充足的电站客户，技术起步就算晚一些，要抢回市场份额也是很容易的。

所以说，在追求效率的道路上，小企业没有包袱，可以一步到位，选择当下最新、最好的技术。而大企业作为行业引领者，会倾向于维护现有格局，在稳步中求发展。

另外，这件事也给了我两个启发：无论是哪个行业，但凡一个新技术出现，企业都要结合自身情况做出评估，看它是否符合自身“降本增效”的大路线；除此之外，还要观察行业对这个新技术的资金投入度，因为只有真金白银投进去了，技术才有希望被普及、被商用。

好，我们总结一下这一讲。在光伏产业中，电池转换效率的提高，能起到很大的降本作用，所以电池的技术迭代非常快。新的电池技术出现，小企业能一步到位，大企业出于稳健发展的考虑，会选择折中的技术路线，稳健过渡。

这件事给了我们两点启发：第一，企业要评估新技术是否符合“降本增效”的大路线；第二，一个行业只有对新技术投入足够资金，新技术才有可能在市场上持续发展。

下游逆变器：储能技术发展带来增量需求，国内厂商竞争优势明显。**光伏逆变器可将光伏太阳能板产生的可变直流电压转换为市电频率交流电，是光伏发电并网的必备组件。**光伏逆变器大体可分为集中式、组串式和集散式三类，其中用于大型光伏电站的集中式逆变器以及用于户用及工商业分布式光伏系统的组串式逆变器为市场主流，两者合计占比 95%。近年来，受益于光伏装机量的提升，光伏逆变器需求快速增长。

据 Wood Mackenzie 统计，2020 年全球逆变器市场出货量为 185GW，同比增长 46%，考虑到光伏行业整体处于高速成长期，且储能技术的快速发展带来增量需求，预计逆变器行业高增长仍将持续。我国逆变器行业经历了多轮洗牌，现存企业有着很强的产品升级迭代能力，优质的服务与快速的响应能力，并在全球有着完备的销售渠道，具备极强全球竞争优势。2020 年我国光伏逆变器前五大厂商出货量占全球 59%。

6. 下游华为数字化

准确的说，华为不属于下游，但华为的做法，对理解下游变化非常有帮助。所以，我们姑且用他作为下游的代表。

你肯定知道华为很了不起，但那是在通信行业，在光伏行业里也是这样吗？那咱们先说华为做到了什么。2012 年，华为进入了光伏行业的逆变器领域。咱们先别管这个“逆变器”是什么，我等下会详细解释。从华为加入这个领域开始，到 2016 年的时候，短短四年，华为就成了这个领域的全球第一。

华为能有这样的成绩，肯定是做对了些什么。我们这一讲就来说说这件事。

咱们课程反复提到，成本，是光伏行业的命脉。华为入场后努力的方向，就是降本增效，它降低的是光伏电站的运营和维护成本。就是电站都建好了，开始投入使用了，电站的各种组件可能会出故障，可能会老化，这都需要电站的运维人员进行维护和检修。

降低运维成本为什么这么重要？咱们来一起想想。现在大多数的集中式光伏电站，装机容量是 100MW（兆瓦），兆瓦是发电功率的一个单位，占地面积大概有 200 多个足球场那么大。电站当中安装各种组件的数量呢，在 20 万块以上。

这每一块组件，每个连接设备，都有可能发生故障。那在这么大面积、这么多的设备里，要找到那个出了故障的组件，可是得费一番功夫。你想想，如果真是要全面检查，那运维人员要用脚丈量上百公里的路程，走起来都很累，他们还得拿设备对组件一一测试，全面检测一次得几个月。所以在实际操作中，需要做定期巡检，提前预防，而这也需要花大量精力。

而且，当运维人员做排查故障时，还需要对相关组件做停机、更换维护，一般要一两周，这期间就没办法发电，也会影响到电站的收益。

运维人员的时间、精力，停机检修时电站减少的收益，这些都是运维成本。哪怕我们不看这些，就单独来看看电站的基础维护需要多少资金。

可以来算笔账。光伏电站每年的运维，需要的投入量大概是 0.05 元/W（瓦）。这个数字看着不多，但电站的运维周期很长，平均在 25 年左右，那这个投入就达到了 1.25 元/W。那一个 100MW 的普通电站，总的运维投入就要 1.25 亿元。

这个数字有多大呢？我们前面说过，光伏组件的成本是 1.7 元/W。那一个 100MW 的普通电站，组件成本就是 1.7 亿元。这么对比看起来，后期的运维投入和组件都差不多了。也就是说，能降低运维成本，和在硅料、电池等环节的努力效果是不分上下的。

所以业内有个说法，一个光伏电站要取得高收益，不仅要依靠高质量的设备、高质量的设计、高质量的施工，还需要后期的高质量运维。

好，那到底该怎么降低运维成本呢？我们在这一讲的开头提到，华为入场后四年做到全球第一的领域，是逆变器领域。这是他们降低电站运维成本的开端。我们来仔细说说它。

电站的光伏组件发完电，需要有部件调整电流的电压、频率。做这个工作的部件就是逆变器，它是光伏并网的核心部件。

在华为入行时，行业的主流产品是集中式逆变器，就是把多个光伏电池板的电都集中在一起，用一个大规模的逆变器统一处理。集中式逆变器需要的工作电压比较高，要到 500V（伏）以上才能工作。如果有几个光伏电池板出了故障，或者被遮挡了，就会影响电压，从而导致连接在一起的所有光伏电池板的发电就都会受到影响。

你可能说，集中式的缺点这么明显，能不能把光伏电池板发的电分散开，分头输送给不同的逆变器，这风险不就降低一些了吗？的确是这个思路。

和集中式相对的，还有一种逆变器，叫组串式逆变器。它的工作模式就是把每个电池板，都和一个逆变器连接起来。这么一来，如果这个电池板出了问题，也不影响其他电池板的工作，发电站整体的发电效率要高不少。

但就当时的情况来说，组串式逆变器技术还不成熟，成本更高。而且，使用组串式逆变器，相当于给发电站增加了更多的设备，出故障的可能性更大，运维成本就跟着上去了。所以选择组串式逆变器的企业很少。

但华为选择重点发力的，就是组串式逆变器。他们的做法，是用“数字化”来给组串式逆变器的运维环节降本增效。

华为的做法可以大致分为两步。第一步，既然选择组串式逆变器，就意味着电站要有更多的设备，那就必须尽量降低每个设备出故障的概率，才能降低整体运维成本。

比如说，他们发现，逆变器当中的风扇和熔丝，都是非常容易出故障的部件。普通的逆变器用风扇来散热，温度太高，熔丝就容易断。但用风扇散热，就会有沙子被吹进设备里，需要运维人员时常来清扫尘土。有时清理不及时，风扇工作受阻，那熔丝就可能因为温度太高熔断了，就需要运维人员来更换。

华为的做法，就是把这两个部件都去掉了。他们把逆变器从敞口的，变成密闭的，这样就不会有沙子被吹进来。为了满足散热的需求，他们又选择了导热更快的材料。与此同时，通过数字技术，设计出内部的元器件怎么摆放、导热材料怎么铺，让密闭的逆变器也能满足散热的要求。

这样，单个设备出故障的概率降低了。但像前面说的，一旦出了故障，那么大的电站，那么多的设备我们还是很难找到它啊。华为解决方案的第二步，就是通过芯片、通信技术等，让每个逆变器都智能化，让它可以自己收集电压、电流数据，出故障的逆变器自己报错、远程智能诊断。

安装了数字化的逆变器之后，在 100MW 的电站当中，只要有故障报错，15 分钟内就可以自动生成电站故障诊断报告。这样，电站的运维时间，从原来的以月为单位，变成了以分钟为单位。不需要工人到现场，就可以做到随时巡检，人力成本也省下来了。而且，组串式逆变器和集中式相比，更换也更方便，更换时也不会影响那么多组件发电。

当然，逆变器只是电站众多设备当中的其中一个，想要进一步给电站降本增效，需要各个设备全部数字化。华为也是这样做的。

2014 年，华为推出了业内的第一套智能光伏电站解决方案，组串式逆变器就是这套智能化方案的核心。那效果怎么样呢？和传统的光伏电站相比，它的运维效率提高了 50%，平均发电量提高了 5%以上。我们还是以 100MW 的电站来计算，那这 5%的发电量提升，就意味着在整个电站的使用周期内，可以多赚 4 千万。

在我看来，华为当初选择进军组串式逆变器，不只是为了降低运维成本，还有一个影响更加深远的原因。

课程前面我们提到，光伏产业想要普及，分布式电站是关键。但集中式逆变器只适用于集中式电站，在分布式电站里是不适合用的。而组串式逆变器呢，使用范围广一些，在两种电站都能用，但会更匹配分布式电站的特点。

那也就是说，光伏想要普及，是必须走组串式逆变器这条路的。华为这个入场的选择，既是在降低集中式电站的成本，也是在快速推动分布式电站的普及。

我猜你可能觉得，我就是一个小公司，你让我学华为，这我肯定学不来。但实际上，华为的数字化思路就可以是小企业的破局点。比如我举个例子。

在电站运维环节有个很重要的工作，就是给光伏电池板做清洁维护。如果光伏电池板上的灰尘太多了，覆盖灰尘的地方就可能会因为温度过高而损坏。传统的清洁方式，有些电站是用人工清理，也有些地方是用喷淋系统，就是在光伏电池板上架喷水器，定期喷水，清洗灰尘。

你也能想象，人工的效率自然比较低，而喷淋系统又会消耗比较多的水。再加上，不少光伏电站都建在西北地区，水资源并不多。那该怎么办呢？

西安一家公司推出了一款清扫机器人，自带光伏充电功能，可以无水清扫。运维人员设定好程序后，它也不需要人工干涉。整体的经济效益还是很不错的。清洗机器人的投资大概 0.1-0.15 元/W，但可以提升发电量 6%以上，这么算下来，差不多两年就可以收回投资了。

这家西安的公司并不是特例，现在很多公司都用数字化的方式，在光伏领域取得了成绩。我看到一份预测数据，说到 2025 年的时候，90%的电站都会实现全面的数字化。而现在呢，这个比例还不足 50%。你看，这里面，还大有机会啊。

总结一下。电站的运维成本和光伏组件的成本旗鼓相当。华为入场光伏产业，选择了当时运维成本更高的组串式逆变器。但华为用数字化的解决方案，降低了单个逆变器发生的故障的可能性，又提高了电站整体的效率。

