

碳中和倒计时下的 产业新机遇

专家洞见



目录

引言	4
<i>Celia Tang, GLG 大中华区内容战略副总裁</i>	
能源数字化对实现碳中和的意义	5
<i>吴刚, R&B Technology 创始人</i>	
光伏建筑一体化（BIPV）：万亿风口下的布局机会	7
<i>夏爱民, 秦顶轻大绿色智能建筑科技总经理, 中国 BIPV 联盟秘书长</i>	
太阳能电池产业整合及发展趋势	10
<i>王文静, 中国科学院电工研究所研究员、太阳电池技术研究室主任</i>	
风电产业链解析和“平价时代”的增长空间	13
<i>张拥军, 前北控清洁能源总监, 前金风科技华中发展总监</i>	

氢能与氢燃料电池产业的挑战和机遇	15
魏蔚，江苏国富氢能技术装备有限公司战略总监	
蓄势待发的储能市场：新型技术与市场前景	21
王智慧，中国工业节能与清洁生产协会余热利用专业委员会主任， 科学技术部特聘能源专家	
“双碳”目标下，我国碳交易市场将如何发展？	24
张凯，北京卡本能源咨询有限公司执行董事	
碳捕集与封存的经济现状	27
Angus Gillespie，全球碳捕集与封存研究院欧洲事务经理	
关于我们的专家团成员	29

引言

近年来，全球气候变化的加剧在全球引发了一系列经济、社会和环境问题，影响了人类的可持续发展。为此，世界各国纷纷制定和推出了碳中和战略，以应对日益严峻的气候变化问题。中国作为世界上最大的碳排放国家，也提出了 2030 年前实现“碳达峰”和 2060 年前实现“碳中和”的目标。

未来 40 年，碳中和进入倒计时。这场深刻的转型和变革无疑蕴藏着巨大价值和机遇。根据中国投资协会（IAC）和落基山研究所（RMI）的测算，我国“双碳”目标将催生包括可再生资源利用、能效提升、终端消费电气化、零碳发电技术、储能、氢能和数字化在内的七大投资领域，撬动 70 万亿绿色产业投资机会。

本电子书汇集了 GLG 专家团成员的深刻观点，通过技术、产业链、政策等不同视角解析碳中和背景下的趋势与机遇。此前，我们多次举办了碳中和主题相关行业的活动，并将其中的讨论改编成文章。此外，我们还采访了来自前沿产业和研究机构的专家。以下是精彩摘要：

《**能源数字化如何赋能“双碳”目标**》介绍了能源数字化对于提升能源效率的作用。在可预见的未来，能源数字化或将实现跨越式发展，催生新的能源商业模式。

《**光伏建筑一体化（BIPV）：万亿风口下的布局机会**》探讨了光伏“整县开发”政策对分布式光伏产业的影响，以及 BIPV 的市场发展空间。当“美丽乡村”建起一座座“能发电的房子”，会是什么样的图景？

《**氢能与氢燃料电池产业的挑战和机遇**》详细介绍了制氢和氢储运的方式，分析了我国氢能发展的现状和大规模产业化的难点。除了燃料电池车和加氢站，我们还可以如何利用氢能？碳中和背景下，氢能相关领域有哪些潜在机会？

《**“双碳”目标下，我国碳交易市场将如何发展？**》一文介绍了我国碳交易市场的交易机制和作用，以及建立粤港澳统一碳市场的可行性。

《**碳捕集与封存的经济现状**》介绍了碳捕集与封存（CCS）技术在全球的发展情况、技术构成及运行成本。

在全球低碳新格局下，为了让我们的客户更深入地了解碳中和相关产业，我们将继续以网上会议、圆桌会议、专题研讨会和电话会议的形式采访我们的专家团成员。

Celia Tang
GLG 大中华区内容战略副总裁

能源数字化如何赋能“双碳”目标

吴刚，GLG 专家团成员，R&B Technology 创始人

从目前来看，最快速、最有效的减碳路径就是提升能源效率，而数字化技术则是这一路径中最重要的武器之一。

发展可再生能源、电气化和提升能源效率是实现低碳可持续发展的重要手段。全球大约 80% 的二氧化碳排放源于能源消耗，60% 的能源管理效率低下，能耗提升空间巨大。国务院印发的《2030 年前碳达峰行动方案》也把能源效率提升作为碳达峰的一个重要指标，指出到 2030 年，单位国内生产总值二氧化碳排放将比 2005 年下降 65% 以上。

为更好地了解能源数字化的概念和作用，GLG 举办了一场线上会议，邀请专家团成员分享观点，以下是活动内容节选。

能源数字能解决哪些问题？

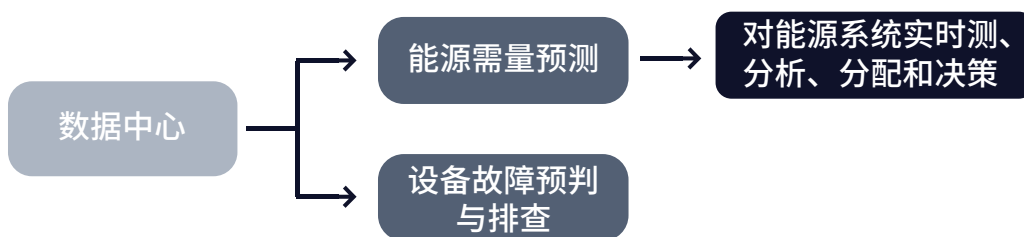
吴刚：全球能源转型的趋势是推动能源结构向低碳化、清洁化、终端能源电气化发展，而数字化技术在此过程中将发挥无可替代的作用。简单来讲，能源数字化包含监测、感知、分析、决策和执行这几个环节。从更大和更长远的角度来讲，能源数字化要解决的是能源需求侧和供给侧平衡的问题。

能源数字化可以实现能源数据可视化，解决最基本的能源管理功能，比如自动化抄表替代人工统计。在能源数据可视化的基础上，我们就有大量的数据来进行分析、挖掘和决策。

虽然管理方式很有效，但由于这套管理方式比较前沿和小众，目前能源数字化管理也面临一些问题，尤其是需要把软件IT的算法与能源行业的专业知识进行深度结合。同时，还需要培育客户对能源数字化管理的认知。

能源管理的典型场景需求？

吴刚：基本的比如能源消耗的统计，还有通过数据中心对未来的需量进行一些预测，实现对电力系统实时监测、分析、分配和决策等，实现电力分配、使用的效率最大化。另外，数字中心还可以对能源设备（包括电池、市网供电等）以及各种环境保障的设备，做故障的预判以便及时排查故障，这样能够在提升能效的同时又能保证安全的生产和运行。这些是在楼宇工厂能源管理方面的一些比较典型的场景。



能源数字化对于实现碳中和的意义？

吴刚：通过能源数字化管理来实现“双碳”目标完全有机会进行规模化开展，对实现“双碳”目标会带来事半功倍的效果。简单地说，世界其他国家或地区现在正试图在监管和政策方面迎头赶上。在基础设施方面，充电非常重要。但作为循环经济的一部分，这些昂贵的电池系统的回收和再利用也非常重要。

首先，在能源供给侧方面，一座 100 兆瓦的光伏电站，通过非常良好的管理，能够提升发电量 5% 甚至 10% 以上。也就是说，每年上千万度电的潜在发电增量，就能减少一两万吨二氧化碳的排放。这些减排目标，完全是通过数字化管理，通过更好的工具使用，用轻资产的模式来实现。

其次，在能源需求侧方面，用户本身的能源数字化基础设施，通过建模、AI、机器学习的方式与同样有一定市场化、自由化程度的电网供需侧来进行交互，可以达到供需匹配和协调的目标。比如说，有一个 5000 平米的商业综合体，我们通过 AI 来进行精准的供给与需求的预测、响应、管理和调配，它的最大需求量可以从 600 个千伏安降到 500 个千伏安甚至更多。如果有 1000 栋这样的楼宇参与能源数字化管理，就相当于建了 10 座 100 兆瓦的光伏地面电站，而目前建 1 座 100 兆瓦的光伏电站，需要 7 至 8 亿元的成本。

同时，能源数字化还能更好的激发楼宇分布式能源的市场活力：第一可以把其性能发挥到极致，第二通过供给侧以及需求侧的匹配和优化，不管是可再生能源还是分布式光伏，都会具备更强的市场活力。

本文改编自 2021 年 8 月 10 日的活动“主题会议：“碳中和”下核心领域的新机遇。”

光伏建筑一体化（BIPV）： 万亿风口下的布局机会

夏爱民，GLG 专家团成员，秦顶轻大绿色智能建筑科技总经理，中国 BIPV 联盟秘书长

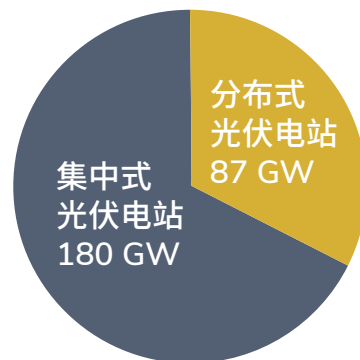
近两年来，作为清洁能源代表性产业之一的光伏产业由“补贴驱动”转向“需求驱动”，随着光伏发电成本的进一步下降和光伏消纳能力的提升，分布式光伏迎来市场化大规模发展。2021 年 6 月 20 日，国家能源局下发《关于报送整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点方案的通知》。通知指出，我国建筑屋顶资源丰富、分布广泛，开发建设屋顶分布式光伏潜力巨大，开展整县（市、区）推进屋顶分布式光伏建设，是实现碳中和与乡村振兴两大国家重大战略的重要措施。

为了解目前国内分布式光伏发电市场现状和政策对产业的影响，GLG 组织了一场线上会议，邀请专家解析，以下为内容节选。

目前分布式光伏发电安装情况？

夏爱民：2021 年上半年我国新增光伏并网容量 13 GW，在这 13 GW 中，集中式光伏电站 5 GW，分布式光伏 8 GW（其中户用 5 GW、工商业 3 GW）。截止 2021 年 6 月底，我国累计光伏并网容量为 267 GW，其中，集中式光伏电站 180 GW，分布式光伏电站 87 GW，占比 32% 左右。分布式光伏推进缓慢，主要是受产品价格和建筑屋顶的影响：一方面新能源需求旺盛带动产品价格高涨，造成了市场滞后；另一方面虽有大量存量屋顶，但由于载荷不够、漏水等原因不适合安装光伏设备。在这种情况下，越来越多的分布式光伏投资方、工程方和开发方把目光瞄向了老屋顶的翻新改造和新建工厂屋顶，并且倾向于选择 BIPV。

我国累计光伏
并网容量



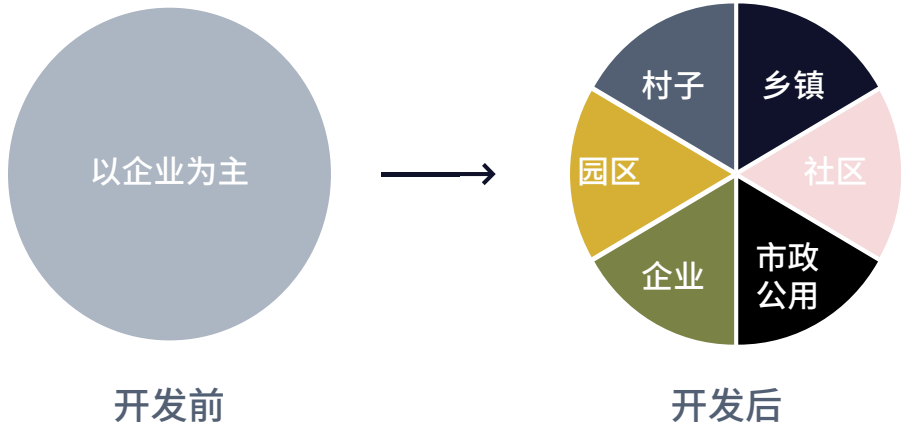
*数据来源：国家能源局

BIPV 即光伏建筑一体化（ Building Integrated Photovoltaic ），是一种将太阳能发电（光伏）产品集成到建筑上的技术，使建材本身具备光伏发电功能。安装 BIPV 要遵循“建筑材料”相关规范与技术要求，在防水、防火、承重等方面达到一定的标准，同时还需要综合考虑建筑的外观、实用及经济性能。而传统分布式光伏一般是在已有屋顶直接建设光伏设备，称为安装式屋顶光伏（BAPV），这种形式技术门槛相对较低，便于建设，但建设方往往忽视建筑属性，在安装中破坏原有建筑结构，影响建筑属性，为后期建筑使用带来隐患。

目前在分布式光伏领域，常规光伏占了 90%，BIPV 占比不到 10%，还有很大的发展空间。随着相关政策的出台，比如 2021 年国家能源局《关于报送整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点方案的通知》中提出“整县开发”政策，加上此前 2020 年住建部等七部门印发《绿色建筑创建行动方案》，要求到 2022 年城镇新建建筑中绿色建筑面积占比达到 70%。我认为，2022 年 BIPV 很有可能迎来一个爆发性的拐点。

具体来说，“整县开发”政策对行业有哪些影响？

夏爱民：可能会带来新的商业机会，因为原来的分布式对象主要以企业为主，整县开发推进后，变成了园区、企业、市政公用、社区、乡镇、村子都可以来开发。光伏行业会从零散化发展，转向品牌集中时代，形成一套相对完整的供应链。在整个链条打通之后，就可能打造分布式的规模化市场。



整县开发推进后，就可能从以前只做好企业、好屋顶，变成现在老的、旧的、漏的、翻新的建筑都可以做。从商业投资回报的角度来讲，整县开发、整体开发和 BIPV 的价值，从业主的收益、投资商的收益、开发的规模上都将有一个量级的提升。

在政策的驱动下，BIPV 在分布式光伏的占比可能就不是现在的 10%，而变成 90% 了，就像单晶替代多晶一样。

未来BIPV的发展空间？

夏爱民：未来的 BIPV，我认为会孕育出一个新的产业，这是一个横跨光伏和建筑产业的千亿乃至万亿级赛道。

现在传统光伏主要是地面和屋顶，但是 BIPV 未来会拓展到墙面、幕墙等部分，将会带来一些新的增量市场。同样的，在 BIPV 的造价方面，未来可能会遵循传统光伏或者其他行业的摩尔定律，基本上是市场每增长一倍，成本造价下降 20%。

所以我认为，BIPV 将会淘汰老建材，如果说传统屋顶是一个负值资产，那么 BIPV 屋顶是正值资产，建筑产能将成为建筑的新标准。同时，随着整县开发，安装翻倍、收益翻倍，BIPV 也将平价淘汰常规分布式光伏。

在“双碳”目标确立和大力发展绿色建筑、“新基建”建设的背景下，全国 2300 多家电力企业、一万多个县市园区和 13 万 乡镇园区均有碳交易压力和光伏绿建动力。而 BIPV 不仅可以实现与建筑完美融合，所产生的电力还能提供给建筑物使用，真正实现了建筑绿色和经济的共同发展，在众多建筑减碳形式中是解决建筑碳排的有效方式之一。因此，推动 BIPV 的大规模市场应用，对“双碳”目标的达成具有重要的作用。未来的 BIPV 产业会是一个差异化和多元化发展的产业，各个细分领域都可能培育出一些独角兽。

本文改编自 2021 年 8 月 10 日的活动“**主题会议：“碳中和”下核心领域的新机遇。**”

太阳能电池产业整合及发展趋势

王文静，GLG 专家团成员，中国科学院电工研究所研究员、太阳电池技术研究室主任

2021 年 3 月，工信部发布《光伏制造行业规范条件（2021 年本）》，提出引导光伏企业减少单纯扩大产能的光伏制造项目，要求多晶硅电池和单晶硅电池现有项目产品的平均光电转换效率分别不低于 19% 和 22.5%，新建和改扩建企业及项目产品的平均光电转换效率分别不低于 20.5% 和 23%。

光伏行业几乎每隔 2 - 3 年就会有一次技术迭代，而光伏电池作为产业链中核心环节之一，目前产业现状和未来趋势如何？GLG 举办了一次线上会议，邀请专家分享其观点，以下内容节选。

产业现状如何？光伏制造企业面临哪些挑战？

王文静：太阳能电池产业分四大块：**硅料、硅片、电池和组件**。我们分别从这几方面来谈产业整合的趋势。

硅料

其一，这些年硅料前十大企业所占的比例超过 90%，这表明产业集中度更高，也就是说硅材料产能集中到了少数头部企业。

其二，新型高纯致密料的企业现在利润很好。传统的硅料厂以前为了降低成本，采用了一些比较简易的工艺，比如分馏的步骤少、沉积速度快，造成企业生产的多晶料（菜花料）比例高，不适合于现在单晶硅电池产线的扩张需求，导致这些传统硅料企业的盈利能力下降。

其三，产业往西部、西北、西南低电价地区集中。一部分会往西部如新疆一带电力价格比较低的地方集中，一部分会往云南以及四川等地水电价格比较便宜的地方集中。在江苏、河南这一带的硅料企业，由于白热化的价格战，会因电价高而亏本。

硅片

从 2018 年到 2019 年，原来的多晶硅硅片厂已遭淘汰，而新崛起的主要是以隆基和中环为代表的单晶硅片厂。目前整个产业整合是“赢者通吃”的结构，大的头部企业占据的优势非常明显，全国前十大企业在 2020 年产出占比高达 93%。

电池和组件

电池和组件这个环节的特点是产业集中度不高，长期以来前十大企业总共所占的市场份额都小于 70%。2005 年前，十大企业占的还比较高，在 60% - 70%；后来前十大企业占的市场份额越来越低，在 2011 年降到 36%；之后稍微有所提升，在 2020 年，前十大电池企业产出量占比达到 66.22%。

究其原因，主要在于电池和组件的技术进步非常快，造成一些企业难于运营。PERC 电池在 2019 年的时候站上主导地位，占到了 70%，2018 年仅占 30%，也就是这个技术进步是从 2017 年、2018 年跃升上来的。但在 2019 年，异质结电池开始崭露头角。异质结电池已经有很多新晋的企业，新晋企业越过 PERC 电池的阶段，直接进入未来的技术形态 Topcon 和异质结，通过弯道超车来占领未来新型的市场地位。

另外一个原因就是行业受政策和市场波动的影响较大。现在大部分电池企业和硅片企业，生产的利润率不足以支撑其扩产投资。比如投资建一个 GW 的项目，即使是 PERC 电池也要两、三个亿，靠利润基本上无法完成扩大再生产，只能靠资本或金融杠杆。而一旦市场波动，企业就会面临较高的风险。

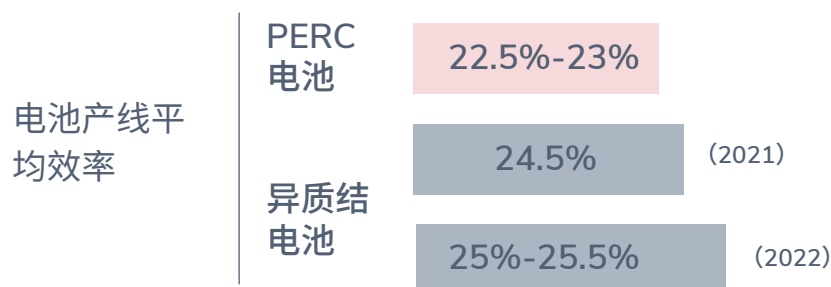
整体来说这个环节技术更新、政策波动大，品牌效应不明显，大多是依赖渠道及销售取胜，从而造成行业处于一种充分竞争的状态，很难形成真正的巨头或者垄断。但因此也会为一些新进入者创造很多机会。

太阳能电池的发展前景？

王文静：然现在常规 PERC 电池可以做到大规模量产，日子很好过，但异质结电池可能在未来的几年内大规模替代常规的 PERC 电池，实现这一点的必经之路是：**寿命、效率和成本**。

首先，异质结电池的寿命相对比较长。

其次，PERC 电池的产线平均效率在 22.5% - 23% 之间，2021 年的异质结电池产线平均效率可以达到 24.5%，两种技术之间的效率差异在 1.5% 之间。预计从 2022 年起，HJT 电池产线将会导入微晶硅技术，届时产线平均效率有望提升到 25% 到 25.5%，这样可以进一步拉大与 PERC 电池之间的效率差距。



最后，成本的下降表现在材料成本和设备成本的下降，材料成本包括浆料成本和靶材成本。材料方面通过多主栅的导入，原来是 350 mg/片，现在可以降到 180 mg/片，基本上降了一半。另外一种材料是透明导电膜，就是 ITO，未来可能采用无铟的 AZO（氧化锌掺铝）来替代 ITO，但是目前产业界还没有考虑进行这种替代的大规模量产。设备方面，在 2017 年以前 1 GWHJT 产线的设备价格高达 11 亿，2019 年的时候已经降到 5 - 6 亿之间，到 2020 年价格就更低了，某些企业招标价格已能达到 4 亿左右，预计未来设备价格还会更低。

我认为新技术的关键并不完全仅仅在于提升电池本身的性价比，尤其是对于颠覆性技术（比如异质结）而言，如果能真正使整个产业链的生态发生变化和提升，那么它将会成为一种替代性的技术。

本文改编自 2020 年 6 月 30 日的 GLG 电话会议“光伏行业回暖能否带动制造业复兴？”。

风电产业链解析和“平价时代”的增长空间

张拥军，GLG 专家团成员，前北控清洁能源总监，前金风科技华中发展总监

在全球实现碳中和目标的共识下，可再生能源的发展成为主流，而风电相较于其他可再生能源又具有更加明显的低碳排放特性。因此，在中国实现碳中和的道路上，风电将扮演重要的角色。2021 年政府出台一系列政策扶持发展新能源产业，重点之一就是推进风电的大规模开发和高质量发展。

GLG 组织了一次线上会议，邀请专家解析风电产业链和市场格局，以下为内容节选。

当下风电的发展形势？

张拥军：从“十四五”规划的角度，国家能源局提出全国风电光伏发电要占到全社会用电比重的 11% 左右，后续逐年提高，到 2025 年达到 16.5% 左右。目前来看，“双碳”目标实现是很有希望的，预计整个“十四五”期间风电装机量会迎来质的增长。中国已有 24 个省份将风电写入“十四五”规划的纲要，其中广东规划明确提出发展海上风电，从而有望成为第一个实现海上风电平价上网的地区。

风电的产业链有哪些环节？

张拥军：风电产业整个链条可以分为：1）上游原材料的环节，包括发动机制造的永磁材料，叶片制造的玻纤等材料，目前比较靠前的企业是中材、时代新材等。2）中游的制造也就是零部件和整机环节。**零部件**包括主机、叶片、铸件、主轴、轴承等。风电主机供应商通过与上游之间整合，制造成风电机组，出售给下游风电运营商。3）下游**风电运营商**目前是以国企、央企为主，主力队员是五大发电商。

我们来分别看一下主要部件的产业链和市场格局：

风机

风机涉及多个零部件，包括测量、冷却、控制等组成风机的整机，以及相应的软件供应商。整机竞争还是非常激烈的，集中度的波动是向上的。龙头企业为金风、远景、明阳，这三家市场占有率基本上都维持 10% 以上；进口的维斯塔斯、通用电气、西门子歌美飒等，在中国有一定的占比和发展。另外，中车风电在风电这一发展速度很快。

风机龙头
产业



风机进口
产业

Vestas



Gamesa

叶片

叶片碳纤维度的渗透率逐步提升，打破国外技术壁垒，国产率越来越高，产业化程度明显增强。材料方面无论是热塑性的树脂、玻纤还是碳纤，承重能力和玻纤的延展能力都在 25 - 40 吨左右。行业方面越来越集中，头部前五基本上占据了 70% 左右的市场份额。

塔筒

塔筒是成本加成模式，仍然是龙头占比比较高，代表企业是天顺风能、大金重工。整体发展向好，带来相应的供应链企业市值不断提升。

铸件

全球风电铸件 80% 以上的产能在中国，生产成本、产业链上下游都比较完整，成本可控。知名企业有日股份、吉鑫科技、永冠新材。

主轴

主轴龙头企业的地位相对稳固，以民企为主。龙头企业主要是金雷和通裕重工。

轴承

轴承国产化进程得到进一步提速。其中南高齿在国际上是主轴代表，它通过引进消化吸收，然后形成了自己独特的技术风格，市场占有率在 36% 左右。

海缆

海缆门槛相对较高，当海上风电爆发时，海缆应该会有一个产量的爆发。主要企业是东方电缆、中天科技、亨通光电。

风电的发展前景与趋势？

张拥军：从技术的角度来看，随着科技的进一步发展，可以实现成本的下降和效能的提升。无论海上风电发力还是陆上大型机电发力，依靠规模和建设优化解决方案，整体成本会进一步下调。与煤电对标来看，风是免费的，风电设备可以实现降本增效，发电生产成本已经远远优于煤炭发电与天然气发电，未来有可能与水电的成本接近。

2021 年补贴已经取消，海上风电的抢装带来规模的高增，增长已经达到 221%。随着大兆瓦风机的逐步推广，以及深远海的漂浮式风机的推广应用，单机投资会有一定的降本空间。根据国家电网能源研究院的测算，“十四五”期间海上风电工程投资造价有望整体下降 20% 左右。

风电和光伏一样都是新能源的重要组成部分，过去风电板块整体估值水平远低于光伏，其核心限制因素是风电装机规模的增速低于光伏。2021 年以来，风电大型化带动了风电板块的整体度电成本快速下降，提升了整个板块的盈利水平，带动行业整体发展。

从发展方向来看，海上风电将成为风电行业的一个蓝海。

本文改编自 2021 年 11 月 10 日的 GLG 电话会议“中国近期风电政策对供应链的影响”。

氢能与氢燃料电池产业的挑战和机遇

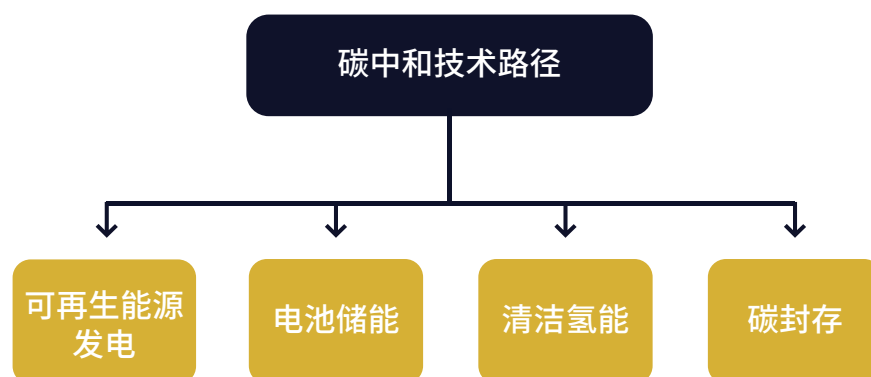
魏蔚，GLG 专家团成员，江苏国富氢能技术装备有限公司战略总监

在全球碳中和的大背景下，氢作为一种蕴藏丰富、用途广泛、清洁方便的能源载体，被认为是本世纪最具发展力的清洁能源，因此全球多个国家纷纷发布氢能国家战略：日本于 2017 年公布“基本氢能战略”，2020 年欧盟委员会发布了《欧盟氢能战略》，美国参议院通过了《基础设施投资和就业法案》，提出联邦将拨出 95 亿元奖金用于支持氢能领域。然而，尽管氢技术发展已较为成熟，但目前整个行业和供应链仍处于发展起步阶段。

目前我国氢能大规模产业化发展的难点是什么，未来围绕氢能有哪些机遇，大热的氢燃料电池有哪些应用场景？我们为此采访了氢能领域的 GLG 专家团成员，以下为内容节选。

氢能在碳中和实现道路中的作用？

魏蔚：我国约 90% 的碳排放集中在工业、能源和交通领域，实现碳中和的技术路径包括可再生能源发电、电池储能、清洁氢能和碳封存技术。绿色的氢能，不仅自身是实现碳中和的重要技术，同时还在可再生能源发电和碳封存领域扮演了重要的角色：



促进可再生能源更大规模利用：对于不能上网和不能充分利用的可再生能源发电，可以通过制取绿氢并储运的方式来利用，减少可再生能源浪费；包括为了降低可再生能源的不匹配，以氢储能方式对电网用电进行削峰填谷，从而促进可再生能源更大规模装机，提升其在我国能源消费中的占比。

深度脱碳：在某些难以用可再生能源绿电进行脱碳的领域，氢可以起到重要的补充和促进作用，如难以采用动力电池的重载交通工具电动化可采用氢燃料电池，传统利用灰氢的石油炼化和化工工艺流程改用绿氢，用氢能炼钢替代传统焦炭炼钢等。

碳封存：氢 H_2 与 CO_2 结合生产甲烷 CH_4 、甲醇 CH_3OH 等，在无法通过工艺改进来减排的领域实现碳封存，如水泥行业等。

我国氢能发展现状？

魏蔚：从氢源来看，我国氢气年产能超过 3000 万吨，是全球第一氢气生产和消费大国，但绝大多数来自于化石能源（煤炭和天然气）制氢，并应用于化工和工业，不仅能源领域中的应用占比非常少，而且可再生能源水电解制氢的比例也不到 1%。

从燃料电池汽车与加氢站方面来看，截至 2021 年 11 月，我国已经投入运营的燃料电池汽车超过 11000 辆，已经建成的加氢站接近 200 座，不仅拥有全球最多的加氢基础设施，在商用车辆运营和加氢基础设施建设的增速方面也连续三年位居全球首位，是全球最大和最具潜力的市场。国家五部委发布的燃料电池汽车示范推广城市群的政策对车辆和加氢基础设施的推广具有非常积极的作用。

从储能和工业领域来看，示范项目才刚起步，距离推广应用还比较远，与欧美日韩相比还有较大差距。

氢能产业化发展的关键是什么？

魏蔚：目前，氢能产业化发展的关键是制氢和氢储运。

目前制氢的方式有两种：

化石能源制氢和碳封存：化石能源制氢在中国不是问题，关键技术是碳捕捉和碳封存。鉴于我国是煤炭消费大国，就算是未来能源占比降低，化工领域的应用依然碳排放量巨大，必须依靠碳捕捉和封存技术才能实现脱碳，工程浩大，前景巨大。

可再生能源水电解制氢：主要有三个技术路线，AWE 碱水电解制氢、PEM 质子膜电解水制氢、SOEC 固体氧化物电解水制氢。AWE 制氢产业化程度最高、成本最低，同时制氢能耗较高，对于频繁开停机较敏感，适合大规模可再生能源集中式制氢，尤其是光伏发电制氢。PEM 制氢刚刚开始产业化，设备成本大约是 AWE 的 3 - 4 倍，结构紧凑、启动灵活、维护简单，特别适合分布式制氢如屋顶光伏制氢、削峰填谷储能，以及高可靠性的海上风电制氢等领域。SOEC 制氢目前还在研发阶段，中国尚无示范，能耗是三种水电解制氢方法中最低的，同时启停不便，更适合长期稳定工况，未来在大规模储能中有推广前景。

氢能的储运方式主要有五种：

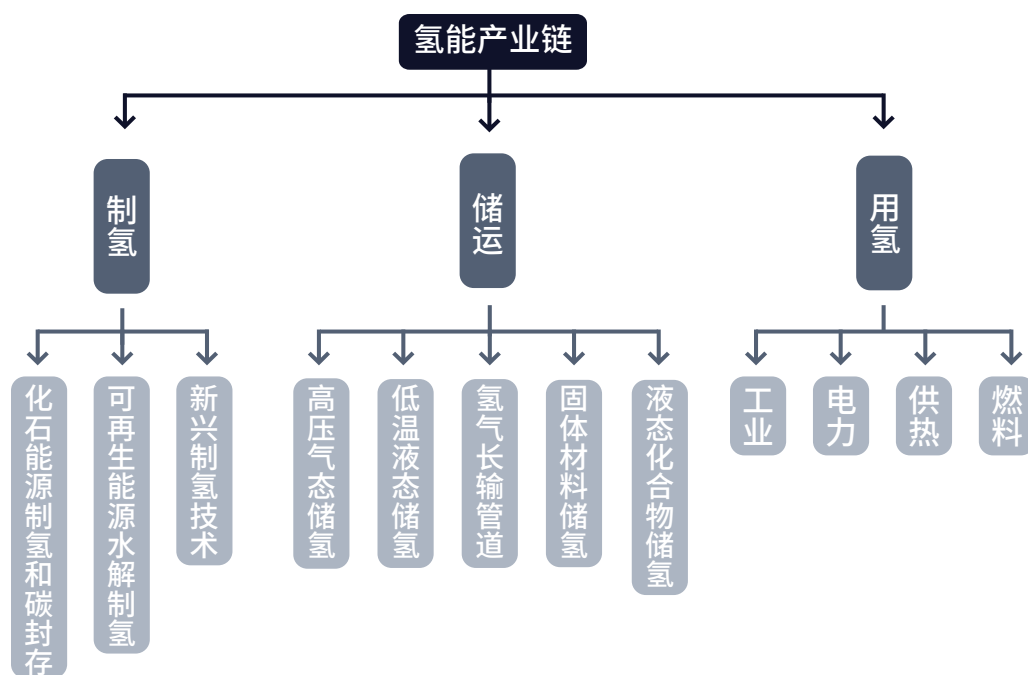
高压气态储氢：20 - 45 MPa 长管拖车适合少量、小规模运输和加氢站用储氢瓶组，经济运输半径不超过 200 km，技术成熟，未来需要突破三型/四型瓶在高压运输中的应用；35 / 70 MPa 适合中小型燃料电池汽车的车载储氢燃料罐、总储氢量不超过 30 kg 的场合，需要突破的技术是四型瓶在乘用车领域的推广和降本。

低温液态储氢：是系统储氢密度最高的储氢方式，适合大规模长距离运输，经济运输半径超过 1000 km；重卡用车载储氢（包括轮船、列车、飞机等重载交通工具储氢）；加氢站用储氢技术（液氢储氢），在能源交通领域和精细化工、高端制造业中应用前景广阔。

氢气长输管道：管道压力 4 MPa - 8 MPa，关键技术在于纯氢管道用材料和工程施工。

固体材料储氢：固体氢化物，如镁基储氢、铁基储氢、稀土储氢等，主要用于固定式长期储能、家用储氢装置、自行车等小型车载用途。

液态化合物储氢：把氢和其它物质化学合成为新的化合物，如氨、甲醇、苯环己烷、不饱和芳香烃（氢油）等。更适合化工领域，尤其是这些以氢合成的新的化合物本身就是有用的化工原料时，直接加以利用更有储运和利用的经济性。如果再次分解出氢气，不仅增加能耗而且提纯净化复杂，因此并不一定经济。



氢能产业化发展有哪些难点？

魏蔚：不论是上游制氢运氢、中游加氢还是下游用氢，氢能产业链长、复杂度大、成本高，让其在产业化发展上遭遇诸多难点，目前主要有：

氢燃料使用成本制约：氢燃料替代汽柴油、绿氢替代灰氢，在中国这样一个发展中国家，更需要有经济性才能推广。目前制约氢燃料使用成本的因素，一方面是高效的储运基础设施体系（氢气长输管道和液氢），另一方面是水电解制氢的成本（电力成本和制氢装置成本）。

关键材料和核心零部件的成本高：氢能产业涉及到许多新材料、新技术的应用与产业化推广，而中国在材料和关键零部件领域相对落后，因此装备制造成本居高不下，制约了产业发展。

政策支撑体系待完善：氢能用于燃料电池汽车领域已经得到社会共识，工信部主导的新能源汽车政策体系相对比较完备；而在能源、发改等部门的政策中，还没有给氢能尤其是绿氢应有的地位，如果没有国家在能源和工业领域的顶层设计，氢在储能、化工、工业等领域的替代之路将会比较艰难，而这些领域的应用潜力远超过氢在交通运输行业的应用。

“双碳”目标下，围绕氢能产业有哪些机遇？

魏蔚：我认为氢能的快速发展，将给相关产业带来潜在发展机会，表现在以下产业类别。

核心化工原材料类：碳素类，碳纤维（用于高压氢瓶的关键原材料，海上风电风机叶片，新能源汽车结构件等），碳纤维布与碳纸（用于 MEA 中的气体扩散层）；全氟磺酸质子膜；各种催化剂（用于燃料电池，水电解槽等），固体储氢材料（镁基，铁基，稀土类）。

高端装备制造类：燃料电池电堆及其关键零部件（膜电极，双极板），燃料电池动力系统及其关键零部件（空气压缩机，氢循环泵等），水电解制氢装置及电解槽（AWE，PEM，SOEC），高压与液氢加氢站及核心装备（隔膜式氢气压缩机，液氢储罐，液氢柱塞泵），车载供氢系统及核心零部件（高压三型/四型瓶，液氢与深冷高压瓶，高压与液氢阀门），氢液化装置与冷箱等。

生产运营类：可再生能源发电与水电解制氢工厂，海上风电制氢与液化，绿氢合成氨；削峰填谷的氢储能，大规模绿氢液化与储运（EPC 与技术服务），燃料电池汽车租赁与运营服务，绿色冷链物流与城市物流等。

氢燃料电池在应用方面有什么性能优势？

魏蔚：我们可以从氢燃料电池在风光储能、商用车、通信备电等领域的应用场景来分析它的优劣势。

风光储能：power to gas & gas to power，与抽水蓄能电站相比效率更高，与动力电池相比可以做到更大规模、更长时间的储能，性能更优、可靠性更高。缺点是目​​前电解水制氢和燃料电池发电的装置设备成本较高，随着设备成本下降，可以大规模应用于风光储能，替代现在的储能方式。

商用车：与纯电动汽车相比，低温性能好，可实现 -40℃ 冷启动而动力性能无衰减，电池电堆能量密度更高，重量储氢密度更高，可以实现更大功率更长续航里程。缺点是系统成本偏高，亟待产业化、规模化降本，同时目前氢燃料的成本比网上电力驱动车辆的成本高，亟待通过调整电价政策和发展高效储运基础设施来降低氢气使用成本。

通信设备：

5G 通讯的发展比 4G 能耗更高，同时通讯基站和大数据中心为了保证其可靠性，需要 24 小时不间断供电。高能耗和不间断供电的特性，更适合采用可再生能源发电来降低运营成本，同时通过氢能和燃料电池来维持大功率不间断供电，能比蓄电池实现的规模更大，比柴油发电机运营更为可靠、低碳环保。利用可再生能源+水电解制氢储能调峰+燃料电池发电的整体解决方案，可以降低运营成本、提高可靠性，是未来发展趋势。

本文根据 2021 年 12 月对专家的采访记录整理。

蓄势待发的储能市场：新型技术与市场前景

王智慧，GLG 专家团成员，中国节能协会节能技术应用专业委员会副主任，中国工业节能与清洁生产协会余热利用与清洁供热专委会主任

近年来，我国风电、光伏等可再生能源迅猛发展，但电力系统灵活性不够、调节能力不足等问题突出，制约可再生能源向更高比例和更大规模发展。碳中和目标下，保障可再生能源消纳的关键之一就是储能。2021 年以来，国家发改委、国家能源局密集出台了多项支持新型储能技术发展的政策，新能源与储能融合发展的大势已经形成。为了解新型储能技术和其应用前景，GLG 组织了一次线上电话会议，以下为专家分享内容节选。

何谓储能？

王智慧：简单来说，储能就是能量存储，而对于电能的存储，就是指利用化学或者物理的方法将产生的能量存储起来并在需要时释放的一系列技术和措施。在对过多的新能源进行消纳和存储、保障电力系统安全稳定运行、提高发输配电设施利用率、促进多网融合等方面，储能技术都将发挥关键性作用。

我们通常按储放能时间和能源转化方式给储能进行分类。

按储放能时间：分为短期（电池、储热、储冷）、中期（水储、压缩空气、飞轮储能）、长期（乙酸电解转化成乙烷和氢气）。

按能源转化方式：分为机械能（水电站、飞轮储能、压缩空气储能）、化学能（电池、乙酸电解转化成乙烷再燃烧发电）

其中，飞轮储能、压缩空气储能、乙酸电解转乙烷+氢气电化学储能属于新型储能技术。飞轮储能、压缩空气储能是电能转机械能后再视需要转为电能；乙酸电解转化为乙烷和氢气，是煤炭清洁化替代石油、天然气并高密度、长期存储、灵活使用电能的重要措施和发展方向。

您最看好哪一种储能技术？

王智慧：我看好“乙酸电解转乙烷+氢气”电化学储能的前景和机遇。在应用场景上，这一技术的建设规模具有可大可小的特点，能普遍用于发电设施或远程站点、需求侧、分布式能源。在工艺流程上，“乙酸电解转乙烷+氢气”电化学储能的工艺流程为“原料-醇-酸-乙烷”，每段工艺流程都可扩展。比如说，衍生氢气可供燃料电池；乙烷可以在标准涡轮机、内燃机、锅炉中燃烧，做生产乙烯、工业制冷剂等基础工业原材料，具有成为石油和天然气的完美替代品的潜力。

储能行业发展对于实现碳中和的意义？

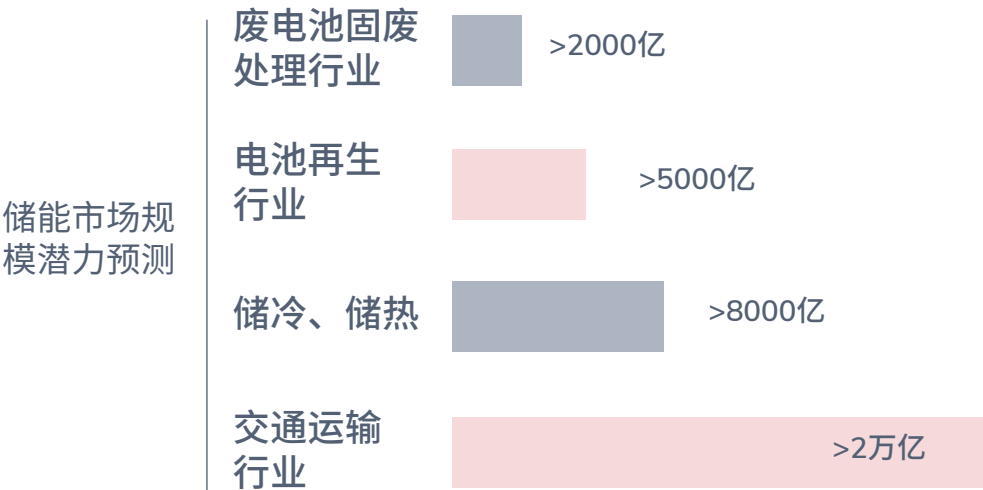
国家发展改革委和国家能源局在 2021 年初联合发布了《关于推进电力源网荷储一体化和多能互补发展的指导意见》，提出“多能互补实施路径”和“源网荷储一体化实施路径”（“源网荷储”是一种包含电源、电网、负荷、储能整体解决方案的运营模式，可精准控制社会可中断的用电负荷和储能资源）。几乎所有“一体化”方案都涉及储能，这也意味着储能被提到了重要的位置。

要实现碳中和目标，首先必然要提高太阳能、风能等可再生能源的比例。然而可再生能源具有的波动性、间歇性与随机性，会对电网带来挑战。近年来，光伏、风电发展迅速，但电被发出后，没有及时使用或者没有储存起来就会白白浪费掉，从而造成“弃光”、“弃风”的现象。

其次，实现碳中和目标必然要在需求侧增设储能设施以提高需求侧的削峰填谷能力，降低供应侧和输送通道的带负荷能力和输送能力。

此外，实现碳中和目标必然要增加工业低品位余废热的回收利用率。通过储能将不稳定、间断的余废热存储并按需供应给需求侧是最有效措施之一。

储能左擎清洁能源产业，右牵动力电池与新能源车等赛道，可以说为实现双碳目标起到关键支撑作用。从市场规模潜力来看，我预测储冷、储热市场需求有 8000 亿以上；电池储能在交通运输行业总市场容量 2 万亿以上；电池再生行业市场潜力 5000 亿以上；废电池固废处理行业 2000 亿以上。



本文改编自 2021 年 4 月 3 日的GLG电话会议“碳中和：储能产业的历史性机遇”。

“双碳”目标下，我国碳交易市场将如何发展？

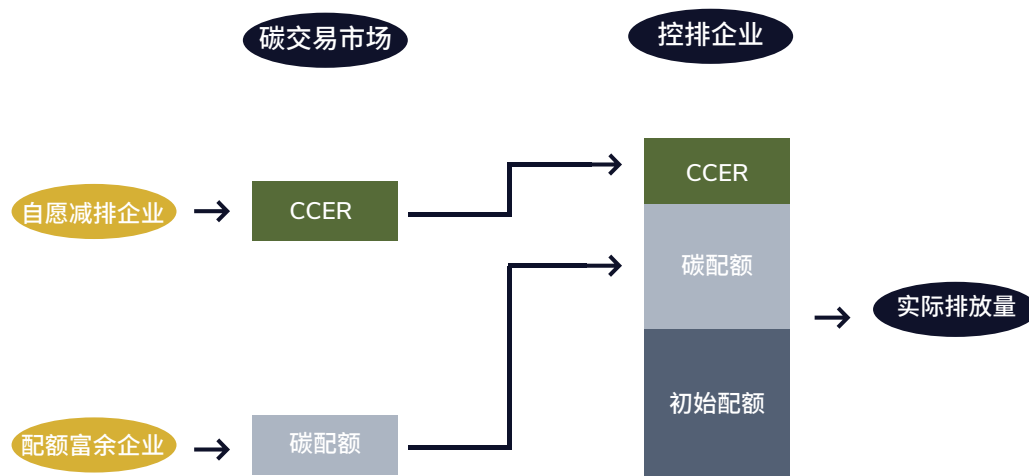
张凯，GLG 专家团成员，北京卡本能源咨询有限公司执行董事

随着中国将“碳中和”的目标提上日程，产业及政策资源逐渐向新能源倾斜，碳交易的体系建设也因此变得愈发重要起来。中国碳论坛和 ICF 国际咨询公司联合发布的《2020 中国碳价调查》报告显示，2025 年碳排放交易体系内碳配额价估计将持续上升到 71 元/吨，市场规模达 2840 亿元。与此同时，作为全球最大的碳排放国，中国适时启动碳交易机制，将全球纳入交易的碳排放比例增加了一倍。

中国碳交易市场未来将如何发展？碳交易会給行业带来哪些机会和挑战？GLG 格理集团邀请专家团成员，北京卡本能源咨询有限公司执行董事张凯，做行业解读。以下为活动内容精选。

中国碳交易市场的交易机制是怎样的？

张凯：中国从 2017 年启动了碳排放体系的建设，到 2021 年已经建立了整体的全国碳市场。基于碳排放权，中国目前碳交易市场上有两类基础产品，一类是排放，为政府分配给企业的碳排放配额，就是所说的配额产品，这是针对高排放企业的。另一类是一个补充机制，是中国核证自愿减排量（CCER），针对的是减排企业、新能源企业。



基于这两大产品，目前中国已推出整体的配额市场。2021 年 7 月 16 日，全国碳排放交易市场启动，第一年的排放周期覆盖电力行业 2162 家单位，覆盖二氧化碳排放量约达 45 亿吨。考虑到电力行业排放量大，且行业监管制度相对健全、数据相对完整，因此先行纳入。后续还将进一步扩大排放范围，下一步有可能纳入建材、有色金属、钢铁这几个行业。



中国在试点市场时期针对不同的产品和交易主体都进行了一系列的探索，包括如何发放配额、如何监控、监督碳排放权等，形成了一个体系。通过在区域市场的探索，中国推出了整体的国内交易市场，目前进行的是整体配额的现货交易买卖，并且纳入的交易主体只有控排企业，个人与机构无法参与。未来有可能个人、机构投资者和减排企业都被纳入进来。

碳排放额度的新机制会给企业带来什么影响？

张凯：从两个角度来说，

对于控排企业：短期内不会给企业增加很大的负担，但会推动企业向节能减排方向升级技术。以电力行业为例，经历过疫情以及行业上游煤炭价格的上涨，电力行业今年普遍呈亏损状态，但电力行业作为基础行业，在保民生、保就业、保工业生产方面有着稳定民生与社会的作用，再加上市场上活跃的 2000 多家电力企业大部分是国有企业，从目前配额发放的情况来说，我认为短期内电力行业的配额不会出现短缺，也就是说不会给企业额外增加很大的负担，但是会有序推动企业进行一定的技术改造、碳减排。在纳入钢铁或者水泥行业之后，相应的配额发放或许会出现一定的缺口。

对于新能源企业：碳交易不会成为主力营收，但会形成很好的社会效应。随着 CCER 等减排产品的开放和开放，其主体，如林业、新能源等企业可以把产品出售，相当于国家对此类企业的减排、低碳、绿色行为进行了补贴，因此企业有望增加一部分收益。这部分收益对企业的利润不具有决定性影响，但不需要额外付出太多成本即可获得，而且会长期稳定存在。同时，减排产品的开发对于企业实现社会责任 / ESG 有很好的作用。

短期来说，我认为我们的配额市场将会相对稳定。大家倾向于开发减排产品，减排量的市场会存在大量供给，因此在短期之内会把产品价格压到一个比较低位的水平。但是，由于市场是长期存在的，而且碳市场、配额市场、需求方的市场在不断扩大，所以中长期的价格又会回升，最后稳定在一定的水平。

建立粤港澳统一碳市场的可行性如何？

张凯：我认为中国如果要推动国内国际碳市场的接轨，包括技术上、价格上、产品上的接轨，粤港澳是一个首选的优质区域。中国以往在经济等领域的重大改革，都是把粤港澳地区作为“桥头堡”或先行试点区域来推进发展的。

粤港澳地区已有一些现实基础。在比较早的时期，香港和深圳就开始互建类似于经济走廊、经济开发区的区域，区域间在一些工作机制的建立上已经形成了一定的基础。

粤港澳地区具备碳排放交易基础条件。首先，广东和深圳在中国试点碳排放交易时期就已成立试点，把电力、钢铁、水泥等行业全部纳入其中。其次，它们在试点过程中，在市场主体、配额设定与分配、监测与监察、履约等方面的市场制度设置上已经积累了很多经验，具备比较成熟的机制、体制基础。

粤港澳地区的区域间能形成合力。基于区域内部不同的发展水平与制度差异，各自可以把优势相结合。对于港澳来说，国际化程度更高一些，金融体系建设更快一些，国际化的人才与组织也相对更多一点，从技术、人才和思想交流的活跃度上更为丰富一些。而广东地区则是在前期的探索上走得更远，如广州、中山等一些城市已经在国家的低碳城市的目录之内。因此，理论加上实践，能形成优势互补。

本文改编自 2021 年 10 月 18 日的 GLG 电话会议“碳中和目标下，碳交易市场将如何影响企业发展？”。

碳捕集与封存的经济现状

Angus Gillespie，GLG 专家团成员，全球碳捕集与封存研究院（Global CCS Institute）欧洲事务经理

面对气候问题日益严峻的现实情况，减少温室气体（GHG）排放已然成为政府、企业和公众的优先要务。幸运的是，人们盼望已久的碳捕集与封存（CCS）技术即将得到大规模采用。

碳捕集与封存的发展

全球碳捕集与封存研究院发布的数据表明，去年全球 CO₂ 捕集潜能跃升了 30%。目前全球已投产的大型碳捕集项目共有 27 个，平均每个大型项目每年捕集约 100 万吨 CO₂。此外还有 4 个项目在建，100 多个项目处于规划中。然而，要达到政府间气候变化专门委员会（IPCC）和国际能源署（IEA）制定的净零碳排放要求，则要建设大约百倍于此的项目。我们依然任重而道远。

碳捕集与封存的构成

碳捕集是一项基础技术，已有近 80 年历史，通常是利用化学工艺将 CO₂ 吸收到现有化合物中，从而将 CO₂ 从气体中分离出来。然后加热或冷冻该化合物，使其释放 CO₂，由此再回收碳。

目前，钢铁和石油化工等行业以及制造业必须依靠燃烧碳氢化合物才能提供足够多的热量或者实现快速加热，对于这些行业来说，减排并非易事，所以碳捕集也就尤为重要。此外，水泥制造等部分行业连制造过程中用到的原材料都会释放 CO₂，对于这些企业来说，碳捕集与封存是大量减少碳足迹的唯一有效途径。

碳捕集后，进入运输环节。一般是使用管道来运输碳。近期，航运也成为一种可行的运输方式，对于日本和韩国等碳排放量大却没有封存空间的国家/地区而言，这种运输方式非常实用。例如，日本可以通过航运方式将 CO₂ 运往印度尼西亚，因为那里有着充足的封存设施。

阻碍碳捕集与封存技术采用的关键不在技术而在经济，要解决这个问题，需要在碳捕集与封存供应链中将这些技术分解为捕集、运输、存储/利用。

最后是碳的封存或使用。地质封存一直是 CO₂ 价值链最后一环的主要形式。CO₂ 会被注入水库或盐水层进行妥善封存。这一技术也用于成熟油田，目的在于提高采收率。相对而言，碳捕获、利用与封存（CCUS）中的利用仍然占比较少，大部分捕集的 CO₂ 最终都进入了地质封存环节。如何在其他工艺中经济地利用捕集的碳仍有待技术发展来解答。

碳捕集与封存的成本

在碳捕集与封存的整个成本中，捕集阶段通常占 75% 左右，约合每吨 75 至 80 美元，但是成本波动范围很大。而成本范围恰恰是决定采用何种碳捕集活动最为合适的主因。除捕集成本外，运输约占总成本的 15%，封存占 10%。

碳捕集与封存设施在整个生命周期中的全部建设和运行成本是多少？据本人估计，平均每吨约合 90 至 100 美元，个体差异很大。该成本还包括捕集 CO₂ 后的运输成本。它大致遵循一个经验法则，就是 10 亿美元资本支出每年可捕集约 70 万吨 CO₂。对于大多数工业公司来说，碳捕集与封存是一种缓解技术。当碳监管成本超过技术成本时，碳捕集与封存就开始走向商业化。由于底层技术并不复杂，碳捕集与封存设施的使用寿命可以达到 20 至 40 年。

目前，全球每年封存约 3000 万吨 CO₂。预计到 2050 年，封存量将达到 30 到 40 亿吨。为此，在未来三十年中，全球每年需要上线大约 100 个项目。

在过去 15 年中，碳捕集与封存的开端往往不太理想，但是鉴于欧洲建设的基础设施以及美国和加拿大政府通过税收奖励碳捕集与封存的努力，我相信，这一次，情况会截然不同。种种迹象都表明，现在是碳捕集与封存发展腾飞的时候了。

本文改编自 2021 年 10 月 26 日的 GLG 电话会议“碳捕集与封存的经济现状”。

关于 吴刚

吴刚先生，现居上海，自 2013 年 8 月 至今为 R&B Technology Group 创始人兼 COO、CTO。R&B Technology 专注于开发能源领域独有的人工智能技术，为智能楼宇、光伏发电、电力需求响应提供数据分析和决策支持。公司通过人工智能引擎驱动的企业级云平台，为能源需求侧的各类客户提供在线异常诊断、能效优化、需求响应等服务，已获得 BP（英国石油）风投和 CLP（中电集团）的战略投资。2007 年 5 月至 2013 年 6 月，吴先生曾担任益浩科技有限公司的创始人兼 COO、CTO。该公司是中国领先的能源服务公司之一，拥有专有技术，基于模型的建筑和工厂监控优化控制。吴先生负责公司的日常运营、产品开发和战略规划。2006 年 9 月至 2008 年 10 月，吴先生担任上海赛逸能源科技咨询有限公司总经理。该公司为建筑能源和环境提供计算机建模，吴先生领导了整体业务运营，包括业务开发、软件应用和团队建设。吴先生还于 2003 年 8 月至 2005 年 8 月 担任特灵科技有限公司的系统应用经理。特灵是世界上最大的暖通空调系统供应商之一，吴先生曾担任解决方案经理，为英特尔、Bechtel 等大型企业设计、配置和销售系统解决方案，包括设备、硬件、控件和软件。

关于 夏爱民

夏爱民，现居上海，中国 BIPV 联盟秘书长。2021 年创立秦顶轻大绿色智能建筑科技有限公司，担任总经理。自 2019 年 4 月至 2021 年 3 月 在赫里欧新能源科技有限公司担任 CSO（首席战略官），该公司是一家专业的 BIPV 新型智能光伏发电屋顶/墙面材料公司，夏先生负责赫里欧的战略和营销。此前，自 2015 年 2 月至 2019 年 4 月 在隆基绿能科技股份有限公司担任战略、投资和海外市场负责人，该公司是全球最大的太阳能单晶硅光伏产品制造商，夏先生负责综合新能源行业发展趋势、光伏业务板块，完成美国、欧洲、日本三大市场策略，策划和主导云南 10 GW 高效单晶硅棒、硅片制造和发电应用双领跑示范基地项目。从 2006 年 9 月至 2014 年 11 月 在无锡尚德电力有限公司任职，先后担任市场部、战略发展部、澳洲市场、CEO 助理兼战略业务负责人。任职期间完成尚德五年发展计划，参与完成 2012 年尚德储能+孵蛋项目策划执行；完成 CIGA 四个利基市场储能及新业务策划，全面负责澳洲市场的开拓及新业务孵化管理，参与完成江苏省光伏产业协会、新能源商会、中国光

伏产业联盟的筹备及成立工作。夏先生毕业于苏州大学物理系应用电子专业，2003 年进修德国柏林斯泰恩拜斯大学 MBA 工商管理硕士，2004 年进入光伏行业。

关于 王文静

王文静教授，现居北京。中国科学院电工研究所研究员，博士生导师，太阳电池技术研究室主任，中国可再生能源学会理事，中国可再生能源学会光伏专业委员会副主任，中国绿色供应链联盟光伏专委会副主任委员。1991 年至 1994 年在中科院长春物理所攻读博士学位，从事光电显示器件的研究。1994 年至 1996 年在中科院化学所进行博士后研究，研究内容为分子反应动力学。1999 年至 2002 年在美国工作三年，主要从事非晶硅太阳电池的研究。其中 1999 年至 2000 年在美国纽约州健康署 Wadsworth 中心担任研究助理；2000 年至 2002 年在美国 Ohio 州 Toledo 大学物理与天文系担任研究助理。1996 年进入北京市太阳能研究所后一直从事太阳电池的研究，曾任光伏研究室主任，总工程师、副所长、副总经理、公司董事等职，并任国家新能源工程研究中心副主任兼首席科学家、北京市光电研究中心主任兼首席科学家。王教授 2005 年进入中科院电工所组建光伏实验室，2020 年起担任安徽华晟新能源科技股份有限公司 CTO。发表论文 200 余篇，申请专利 50 余项，出版论著 5 本。主要研究方向为：单晶硅太阳电池，多晶硅太阳电池，非晶硅薄膜太阳电池，太阳电池产业政策，太阳电池电价政策，太阳电池应用开发。

关于 张拥军

张拥军先生，曾受聘于多家国际知名电力能源商担任投资高级顾问，主要从事风电、光伏、综合能源服务、环保节能等新能源和环保市场的开发研究，是可再生能源方面的专家。2018 年参与组建上海镁初新能源发展有限公司。该公司是一家新能源投资公司，经营范围为新能源和新材料。2017 年 4 月至 2018 年 3 月在北控清洁能源担任总监，2009 年 1 月至 2017 年 3 月 在金风科技担任华中发展总监。张先生主持过国内多个风电、光伏、微电网等可再生能源项目的开发建设，处理过华能集团、中国电建集团、金风科技等大型企业多个电力能源项目的风险管理工作。

关于 魏蔚

魏蔚，工学博士，正高级工程师，自 2016 年 6 月起担任江苏国富氢能技术装备股份有限公司战略总监。魏女士是国富氢能技术装备有限公司联合创始人之一，历任副总经理、总工程师、氢云新能源研究院院长、研发与战略总监等。主要研究领域为能源装备技术、液氢生产、储运技术和氢能利用。此前魏女士在中集集团旗下公司担任职业经理人 10 余年。

关于 王智慧

王智慧先生，高级工程师，中益能（北京）技术有限公司创始人兼董事长，该公司产品包括余热回收、移动蓄热供热、应急供热保障、调峰扩容、工业蓄热站、合同能源管理等解决方案。此外，王先生是中国节能协会节能技术应用专业委员会副主任、中国工业节能与清洁生产协会余热利用与清洁供热专委会主任、北京协同创新研究院储能研究中心主任、中华人民共和国科学技术部特聘能源专家（技术顾问）。王先生曾获国家发明展金奖、环保发明奖、中国绿色经济贡献人物等荣誉，创新研发了以“高性能稀土相变蓄热材料和蓄热元件”为核心的多项蓄热节能技术，并获得了 30 余项国家专利。王先生长期从事蓄热技术在节能领域的应用、工业余热与城市优质能源互补的能源互联网、实用性可再生能源的发展利用、城市供热应急保障体系建设、供热保障绿色金融体系、分布式能源系统、节能技术对大气污染防治、雾霾治理等相关研究和市场推广。

关于 张凯

张凯先生，自 2021 年 3 月至今在北京卡本能源咨询有限公司担任执行董事兼法人。该公司专注于中国应对全球气候变化大背景下的碳中和综合咨询服务、绿色认证、低碳智库和绿色制造评价。此前，张先生历任联想集团产业投资总监、北京住总集团战略规划主管等职务，有丰富的行业经验。

关于 Angus Gillespie

Angus Gillespie 目前担任全球碳捕集与封存研究院（Global CCS Institute）欧洲事务经理和 Edzell Climate Economics Ltd. 的低碳与可再生能源执行官。此前，他曾担任壳牌的 CO₂ 副总裁，并曾在苏格兰水电公司和苏格兰电力公司任职。他毕业于斯特灵大学经济学专业，并在赫瑞瓦特大学取得工商管理硕士学位。



本营销材料中提供的信息仅供参考。专家团成员数据均基于截至 2022 年 1 月的情况提供。这些信息不作为对某一特定事项的建议，信息本身不应作为依据。GLG® 和 GLG 图标均为 Gerson Lehrman Group, Inc. 的商标。©2021 Gerson Lehrman Group, Inc. 保留所有权利。