

# 展望

Z H A N W A N G

特刊

accenture  
埃森哲



# 新能源

御“风”而上：持续解锁风电价值

0.1%到20%：布局万亿级氢能市场

储能下一站，协同新能源

追光逐梦：释放7000+GW新绿能



# 畅享数字化“悦”读体验， 即刻扫码 阅读全新《展望》



《展望》微信小程序



《展望》主页



# 前言

---

**《展望》创刊于1999年，是埃森哲面向中国市场推出的旗舰刊物。《展望》特刊聚焦单一行业或话题展开深度分析，带来切中当下、富有见地的思考和建议。**

回望过去三年，中国新能源行业在“双碳”目标引领下实现了跨越式发展。截至2023年上半年，中国可再生能源装机达到13.22亿千瓦，历史性超过煤电，在风、水、光、氢等领域全面推进，在全球独树一帜。

长足进步的背后也有隐忧。一方面，中国依然是全球二氧化碳年排放量最多的国家，向净零转变仍然任重道远；另一方面，新能源行业市场竞争日趋白热化，如何通过战略转型、技术突破、资源整合、重塑运营实现竞争力飞跃和高质量发展，仍是每家企业和整个行业的“必答题”。

埃森哲因此推出《展望：新能源》特刊，旨在分享埃森哲的最新洞见，激发思考，启发创新。在本辑中，我们分享了对于风能、太阳能、氢能、储能等新能源相关领域发展的分析观点，希望借此与您共同探索一个可持续、高质量、创新发展的未来。

**《展望》编委会**

# 目录

---

|                     |    |
|---------------------|----|
| 新能源, 新趋势, 新作为       | 6  |
| 御“风”而上: 持续解锁风电价值    | 14 |
| 0.1%到20%: 布局万亿级氢能市场 | 24 |
| 储能下一站, 协同新能源        | 30 |
| 追光逐梦: 释放7000+GW新绿能  | 38 |

# 新能源， 新趋势， 新作为

文 赵晋荣

联合国防灾减灾署在2020年发布的一份报告指出，相对上一个20年，21世纪的前20年各种灾害频率大幅度增加，其中高温事件增加232%，暴雨增加134%，各种风暴增加97%。最近愈加频发的极端气候灾害正让这些数字变成每个人无法逃脱的切肤之痛，也使全社会向低碳化乃至无碳化转型的需求变得更加迫切。

好消息是，迄今已有超过140个国家提出了碳中和目标，中国作为目前全球年碳排放量最多的国家，也宣布了2030年实现碳达峰、2060年实现碳中和的雄伟目标，并且正在通过加速推进新能源行业的发展，分秒必争地推进碳减排。

## 突飞猛进的中国新能源行业

中国在可再生能源发电、氢能、储能与动力电池等新能源相关产业，整体保持了高速增长态势，在全球市场独树一帜，全面占据市场领导者地位。



### 可再生能源发电

中国新增装机容量领跑全球，2022年贡献143GW。



### 储能

中国市场仍以抽水蓄能作为主要方式，2022年总装机量达到59.4GW；彭博新能源财经预测，中国将在2030年取代美国成为全球最大的储能市场。



### 动力电池及锂电池供应链

2022年中国动力电池装机总量达到了291.7GW，同比增长89%，埃森哲预测市场预期2023年将达到433.5GW。



### 氢能

中国是全球最大的氢气消费国，随着绿氢成本劣势的消除，埃森哲预测中国2030年绿氢需求规模预期最高可达2229万吨，2060年最高可达1.1亿吨。

然而，在全球人口、经济、能源需求持续增长的前提下，现有的能源转型步伐远无法达成使本世纪地球升温控制在1.5°C以内的目标，更为积极、更大范围地推进新能源发展势在必行。

## 重要执本：新能源发展的五大趋势

深入理解新能源行业未来的发展趋势、构建新的愿景，对于确保新能源在成本、可靠性及规模化能力等方面的竞争力尤为重要，我们总结了未来3至5年将对新能源行业产生深远影响的五大趋势，以助力加速能源转型。

### 趋势一：先进设计

通过应用更为领先的技术、材料及设计原则，改进新能源生产体系的效率、可靠性及可持续性。如先进设计与数字化，可以帮助光伏发电产业在2025年节省约27%的电力供应平准化成本，助力陆上风电企业在2030年实现14%的成本节降。<sup>1</sup>

#### 无叶片风机设计

基于摆动原理的风机设计替代传统叶片式风机，从而降低环境噪音与鸟类死亡率。

#### 海上漂浮风电

浮基式海上风机的应用使得海上风电厂能够在深水区域运营，利于进入新的风电资源开发区域同时获得更高的风速。

#### 太空光伏发电

在太空安装太阳能电池板并将能量传回地球，以获得持续、可再生的能源。

#### 浮动式太阳能发电

将太阳能电池板安装在水域上的浮动平台上，以帮助不具陆地安装条件的区域能够获得源于太阳能的电力资源。

#### 智能电网整合

通过建模与仿真工具识别出能将可再生能源资源及其他分布式能源资源整合到现有电网的最有效路径。

1. IEA, Digitalization and Energy (2020)。



趋势二：能源物联网

将物联网领域的数字化与通讯等创新技术应用到新能源体系中，并实现在可再生能源发电、输配送网络的整合与融合。全球能源物联网的规模预计将从2020年的202亿美元提高到2025年的352亿美元，年复合增长率达11.7%。<sup>2</sup>

|            |                                                       |
|------------|-------------------------------------------------------|
| 风机运营优化     | 通过物联网传感器的部署实时监控风机的绩效，进而优化叶片布局及其他运营因素。                 |
| 太阳能电池板绩效监控 | 通过传感器监控太阳能电池板的绩效，确保其实现最大的效率，同时预防各类潜在的问题与风险的发生。        |
| 电池储能管理     | 开发基于物联网技术的储能电池远程监控系统，优化源于可再生能源的存储与充电运营。               |
| 需求响应管理     | 基于能源物联网技术实时监测能源需求变化，进而实现自动化的能源供应与需求匹配。                |
| 预测性资产维护    | 应用传感器等物联网技术进行可再生能源设备设施资产的监控，从而监控潜在的资产运营风险，确保运营的安全可靠性。 |

趋势三：储能技术

由于目前各类主要可再生能源发电过程的非持续性，导致对长时能源存储设备的需求日益旺盛，而传统的锂电池无法满足该需求，为其他各类替代性可再生能源储存技术的发展带来了机遇。

|        |                                                               |
|--------|---------------------------------------------------------------|
| 先进电池   | 锂硫电池、固态和液流电池等新兴电池技术的出现被视为是扩大可再生能源资源适用性的关键推动性技术。               |
| 重力储能   | 利用过量的可再生能源通过电机或泵将重物或水提升到更高的高度，从而形成潜在的、未来需要时再释放的势能。            |
| 压缩空气储能 | 利用现有的能源将空气压缩后储存在地下洞穴或含水层，未来需要时通过加热空气与释放产生的能量驱动汽轮机发电。          |
| 长时储能   | 应用机械储能、热储能能、电化学储能及化学储能等领域的新兴技术更长期地存储能量以实现更大规模、更长周期（如几周）的储能目标。 |
| 热能存储   | 将现有电能转换成热能并存储在水、熔盐或其他介质中以便后续使用的储能方式。                          |

2. MarketsandMarkets, Internet of Things (IoT) in Energy Market (2020)。

## 趋势四: 混合电厂

通过两种及以上的可再生能源发电组合实现单一联接触点的电力供应共享。混合式电厂能够通过最大化现有资源的使用价值,减少对备份能源供应的需求,降低整体能源供应系统的成本,提升可再生能源应用的经济性。

|                    |                                                                           |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 风能 + 太阳能<br>混合电厂   | 风机及太阳能电池板部署在同一地理位置并接入同一个电力网络基础设施,使得二者可以在发电过程中实现互补。                        |
| 水力 + 太阳能<br>混合电厂   | 水力发电的使用提供了储能的能力,而太阳能发电则在白天提供了稳定的电力,二者组合可以不受天气条件影响提供24小时的电力供应。             |
| 生物质能 + 太阳能<br>混合电厂 | 生物质能可以提供稳定的、可调度的能源与热量供应,而太阳能则能在日照时间提供峰值电量供应,废弃生物质或专门培养的生物质可用来减少与粮食作物间的竞争。 |
| 地热 + 生物质能<br>混合电厂  | 混合地热蒸汽与生物质技术的电厂可以提供可靠、可持续的电力供应,特别是与区域的热力系统相联接后可以增加整体的能效并且减少碳排放。           |

## 趋势五: 全系统可视化

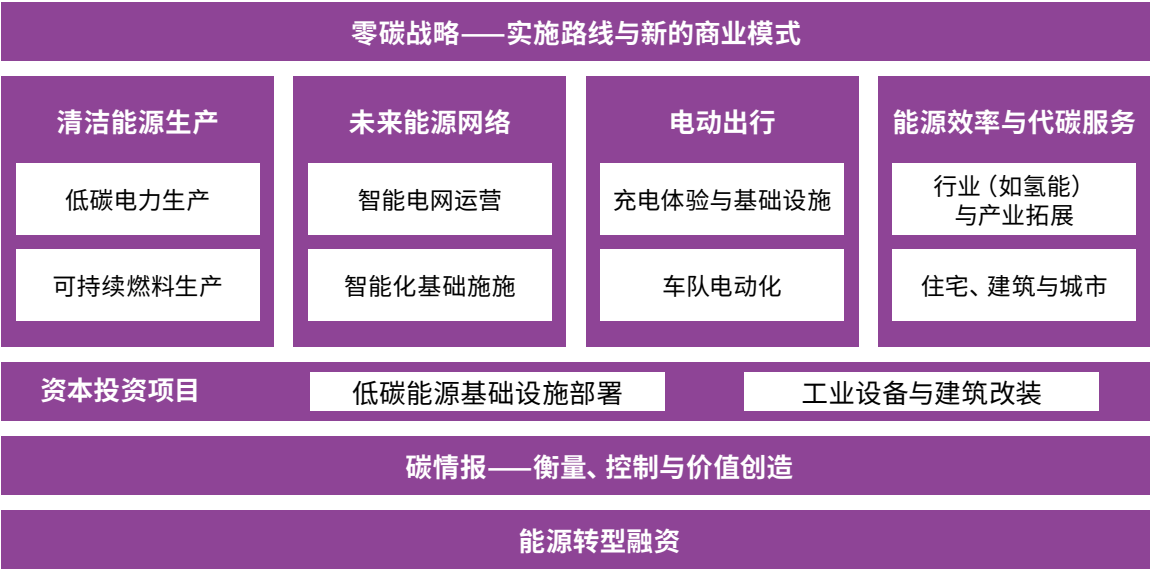
通过对新能源体系中各个环节与要素的实时绩效分析、监控与全过程可视化,从而实现对新能源生产、储存与消费的全面追踪,以及对于各类问题、风险及低效与失效点的跟踪、监控与改进。

|                |                                                                  |
|----------------|------------------------------------------------------------------|
| 分布式能源管理        | 基于实时的数据分析与监控多源头的能源(风能、太阳能、储能等)的生产与消费情况。                          |
| 需求预测           | 借助全面的可视化支持对现有电力网络能力的保守预测到现实预测的转变,从而获得对潜在的电力供应需求更好的理解与判断。         |
| 智能调度           | 基于对电力网络需求的实时评估与情境感知及例外处理计划,制定更为科学的调度决策。                          |
| 系统恢复           | 利用分布式发电的资源应对电力系统恢复事件的需求。                                         |
| 全系统运营商服务<br>协同 | 借助主动网络管理等手段,实现电力系统运营商与配电网运营商间服务的协同,确保电力系统运营商的服务不被配网的自动化系统的调度所抵消。 |

# 常勤精进：中国新能源转型八大重点

在上述背景下，我们梳理总结了八项将对各个行业特别是传统能源行业产生影响的新能源转型战略重点。

图一 新能源转型战略重点



## 一、零碳战略

制定符合行业特点的、清晰的能源转型战略，和以零碳为核心的价值实现路线图，识别支持能源转型的新业务增长领域，以达到低碳、高回报的未来发展愿景。同时，企业还需要围绕价值创造目标及转型战略与实施路径，构建客制化的配套运营模式，以最经济、高效的方式实现目标。

## 二、清洁能源生产价值链

开发与拓展各类可再生能源与清洁能源及相关产品生产的业务，如开发风光制氢一体化项目、生产具备可持续性特点的航空燃油等，同时构建与顾客及供应商的创新性伙伴关系，以建立低碳的分销渠道，促进新的消费行为。

### 案例：

英国石油公司 (bp) 的战略是实现从聚焦油气资源生产的国际石油公司到聚焦解决方案交付的国际能源公司的重塑，并且在2030年实现在生物能、便利服务、电动汽车充电、氢能与可再生能源五大“转型增长引擎”业务收入规模90亿-100亿美元的目标。

bp将数字化创新列为实现上述重塑战略的三大差异化手段之一，并且将数字化能力、科技与设计能力整合进“创新与设计”团队，进而采用客户为中心的方法开发数字化产品，并且持续与各个相关技术领域的领导者进行对标与改进。



### 三、未来能源网络

通过构建智能化电力与气体网络/管道、能源物联网、混合式电厂等，提升对于日益增长的可再生能源与各类其他清洁能源供应需求的响应能力、适应性与平衡水平。

### 四、电动出行

加速对电动汽车的接受度，提升司机及车队运营管理者对于充电基础设施与驾乘的体验，如公司物流与运输车队实现整体的汽车电动化。

### 五、能源效率与低碳服务

开发与拓展需求侧碳减排解决方案、能源效率提升项目，如在大型商业与办公楼宇、车间等实施电力需求响应项目、构建基于人工智能的能耗优化解决方案、实现可再生能源发电资产运营的可视化与优化。

### 六、资本投资项目

制定详尽的能源转型执行计划，以提供高价值、低碳的业务与服务，并借助内部扩张、合资合作、兼并收购等方式进入新能源领域，同时加大有助于减少公司碳足迹的大型资本投资项目的投资（如钢铁企业通过对生产装置的改造实现从天然气到电力能源的转变）。

### 七、碳情报

构建有效提供碳情报的机制，贯穿行业价值链各环节、公司及资产的层面，系统性地监控、跟踪、报告贯穿各项业务组合的碳排放水平，最终提升碳排放的可视化、控制与货币化能力（如在城市燃气企业实施甲烷泄漏控制的新解决方案）。

#### 案例：

远景科技集团秉持以绿色能源和数字科技推动零碳转型的理念，在全球60多个运营工厂、研发中心和办公室部署了业界领先的“方舟”碳管理系统，落实全集团从核算、减排、抵消到认证的全流程、端到端的碳管理，助力远景实现2022年全球运营碳中和。截至2022年底，远景全球运营层面的绿电使用比例已经达到94%，并将在2025年前实现100%可再生电力消费。

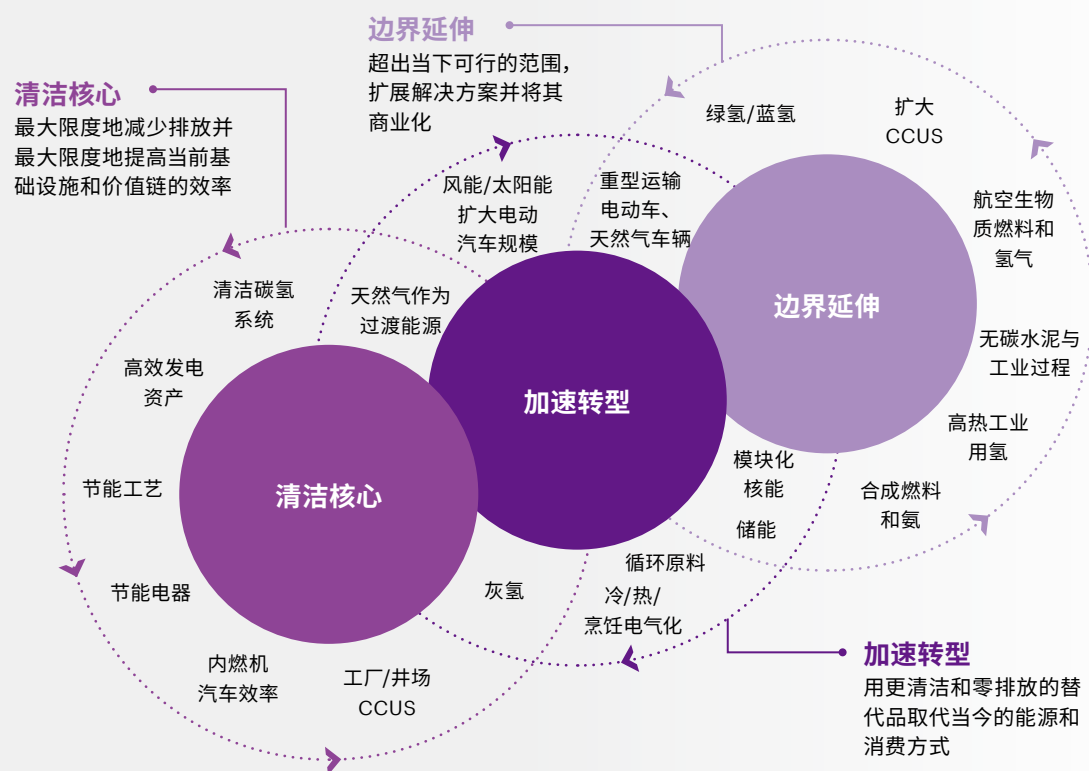
2023年6月11日远景发布《零碳行动报告》，宣布实现全球运营碳中和，兑现“2022年实现运营碳中和”的承诺，成为全球最早实现运营碳中和的绿色科技企业之一，以实际行动回应全球零碳挑战。

## 八、能源转型融资

建立新的融资机制以加速能源转型（如建立新的可持续投资基金等），进而更多探索对于先进设计与储能等技术（如无叶片风机、水上漂浮式风电与太阳能发电等）的投资，在孵化能源转型创新关键技术的同时，为投资者获得更高的回报。

以油气、发电等传统能源行业为例，全球范围内能源供应正从传统油气转向绿色、清洁、可再生的能源，能源消费的方式也正在发生转变（如共享经济、智能电网），这些都将导致传统能源的总消费量下滑，企业面临盈利与增长的压力，也亟待规划与实施能源转型的路线图。

图二 传统能源企业转型路径建议



值得特别强调的是，包括物联网、云平台、人工智能等在内的一体化运营、数字化基础设施、下一代新兴数字化技术的广泛应用，以及风电、光伏、氢能等新能源领域相关专业人才的培养与储备，是确保上述战略得以实施的关键前提。

气候危机已来，带来的风险是现实而确定的，各行各业需要清醒地认识到，能源低碳转型已箭在弦

上，越早开足马力出发的企业，越有可能从这场变局中崭露头角。

作者

赵晋荣  
埃森哲大中华区战略与咨询董事总经理

# 御“风”而上： 持续解锁风电价值

文 朱雯、胡佩祎、胡铠麒、赵晋荣



风能作为一种绿色、清洁且可持续的能源，以其建设周期短、发电效率较高等优势，在能源转型中扮演着关键角色。中国正成为全球风力发电的主导者，市场份额增速迅猛，新增装机容量领跑全球。随着“双碳”目标的推进，中国风电行业正迎来前所未有的机遇。

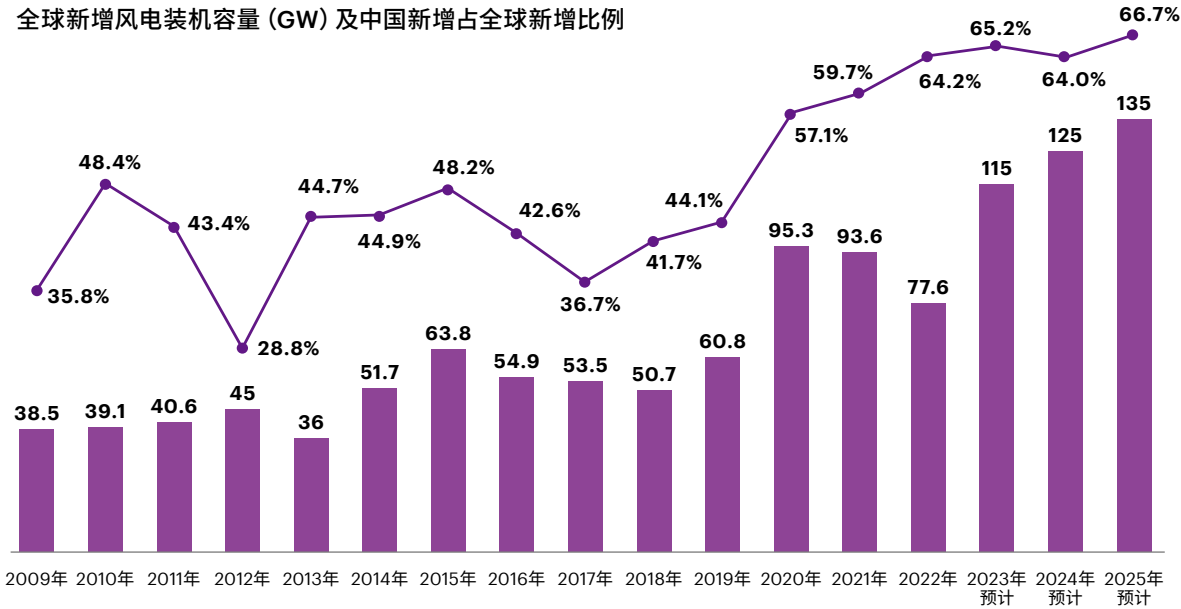
## 中国风电市场前景广袤

根据全球风能理事会统计，2022年全球风力发电装机容量新增77.6GW。其中，中国新增陆上风电装机容量44.7GW，海上风电装机容量5.1GW，约占全球新增装机总量的64.2%。未来三年，全球新增风

电装机容量将保持15%以上的复合增长率，突破375GW，中国风电新增装机容量占全球比重预计将保持在50%以上。

图一 中国风电新增装机份额领跑全球

全球新增风电装机容量 (GW) 及中国新增占全球新增比例



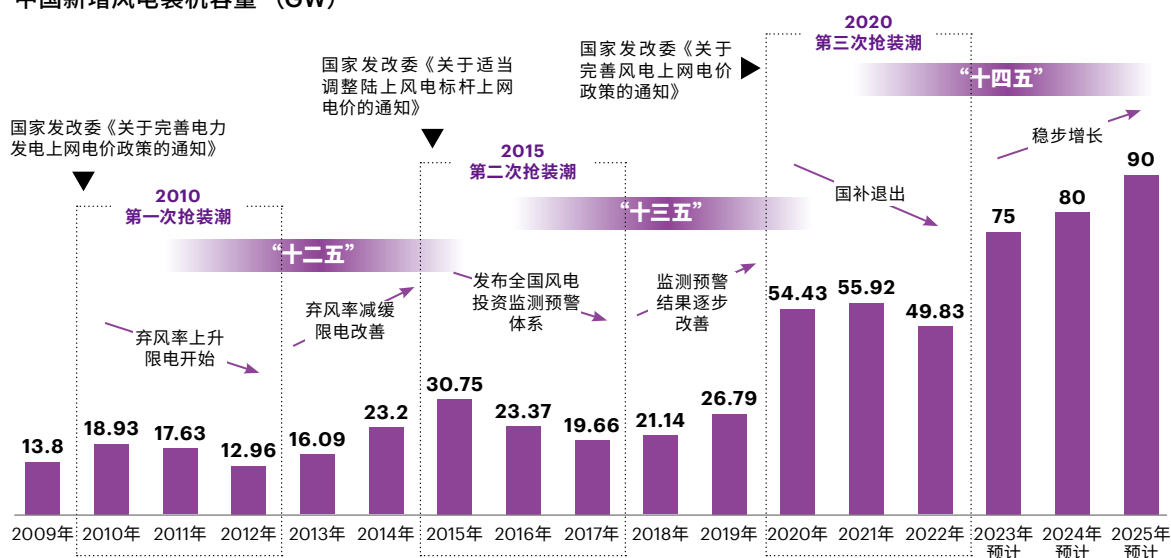
数据来源：全球风能理事会 (GWEC)、中国可再生能源学会风能专业委员会 (CWEA)、埃森哲分析。

在国内市场，随着国家补贴退出，陆上和海上风电分别从2021年、2022年起逐步迈入平价上网时代。补贴政策调整对风电行业周期性的影响已逐步消除，弃风限装、监管紧缩等因素对风电行业发展制约减弱，风电市场转变为由市场驱动。

同时，风电消纳矛盾在2019年之后得到有效缓解，通过市场机制引导新能源开发布局优化、持续深挖大电网的灵活调节潜力等手段，风电弃风率维持历史低位，2022年风电利用率达到96.8%，<sup>1</sup> 风电行业从周期性增长稳步迈向成长性增长。

图二 中国风电市场转变为市场驱动

中国新增风电装机容量\* (GW)



\*CWEA使用吊装容量数据，指统计期内风电机组制造企业发货到风电场现场，施工单位完成风电机组所有部件吊装完毕，且完成安装验收或静态调试后的装机容量。

数据来源：CWEA、埃森哲分析。

1. 全国新能源消纳监测预警中心，2022年12月全国新能源并网消纳情况。

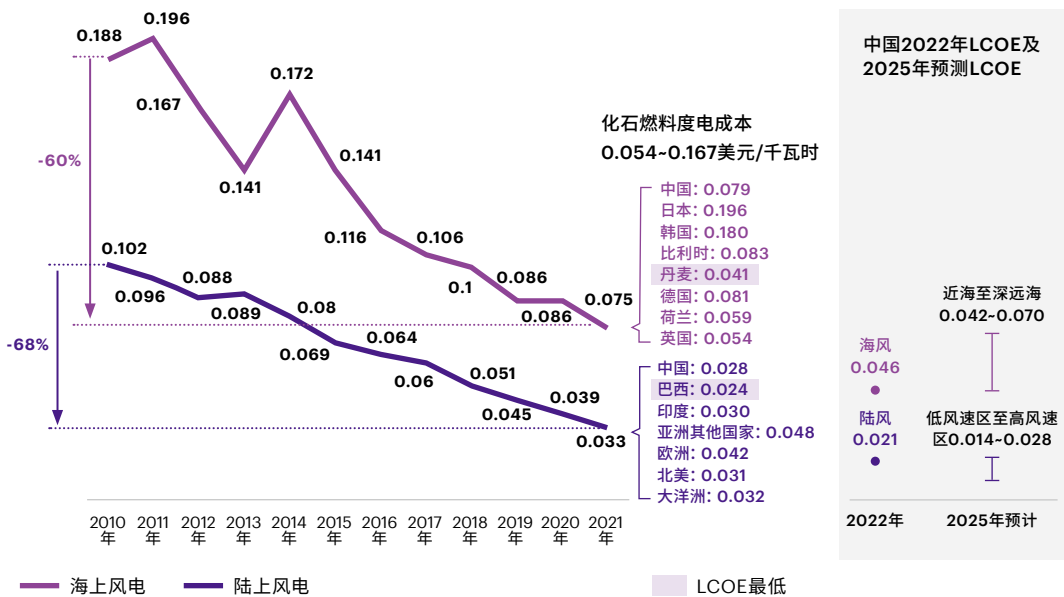
## 风电经济优势凸显

随着技术进步和经济规模效应的不断提升，风电的平准化度电成本持续下降。根据国际可再生能源署（IRENA）统计，2010年至2021年间，全球陆上风电平均度电成本从0.102美元/千瓦时降至0.033美元/千瓦时，海上风电度电成本从0.188美元/千瓦时降至0.075美元/千瓦时，下降幅度超过60%。

中国2022年陆上风电平均度电成本0.021美元/千瓦时，已基本实现火电发电侧平价，海上风电平均度电成本0.046美元/千瓦时，正向平价快速迈进。<sup>2</sup> 未来在技术创新、装机规模扩大、全产业链优化等多措并举下，风电度电成本有望继续下降，在可再生能源中的成本优势更为凸显。

图三 风电度电成本优势明显

全球加权平均平准化度电成本LCOE\*（美金/千瓦时）



\*Levelized Cost of Electricity平准化度电成本。  
数据来源：IRENA、CWEA、埃森哲分析。

2. 中国可再生能源学会风能专业委员会（CWEA），2022年中国风电吊装容量统计简报。

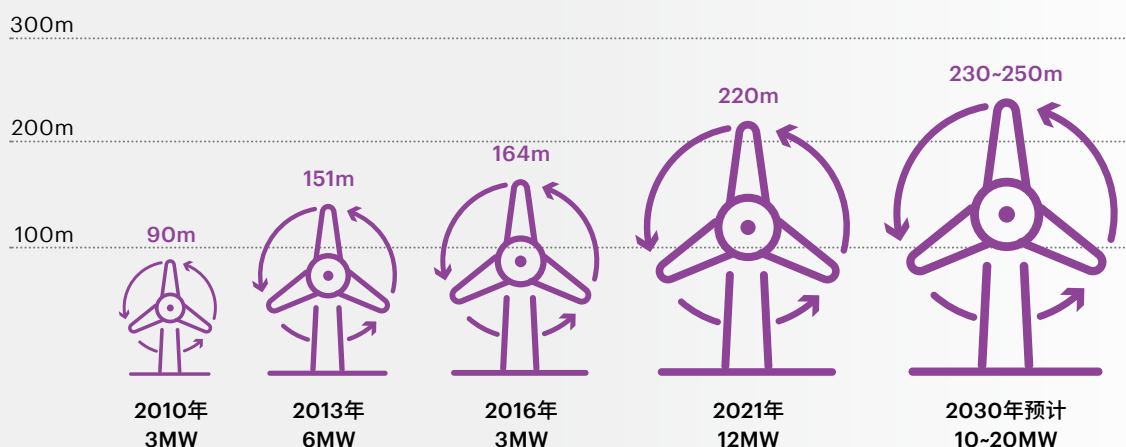
## 风电行业发展新风向

### 趋势一：容量为王，单机大型化按下加速键

单机容量大的风机更有利于提升风能和土地资源利用效率，帮助风场开发和运营商提高发电效率、降低维护成本及减少土地使用量，是未来风电行

业发展的必然趋势。根据国际能源署（IEA）的分析，未来风机单机容量将不断增加，预计2030年平均单机容量将达到15-20MW。<sup>3</sup>

图四 风机大型化迭代演进



资料来源：IEA，埃森哲分析。

### 趋势二：多驾并驱，风机整装技术持续进阶

全球整机厂商现阶段所采取的技术路线主要集中在双馈机型，具有运输维护成本低、供应链成熟等优势。随着单机大型化、海上风电的逐步兴起，直驱、半直驱整装技术逐渐崭露头角。其发电效率、可靠性、维护成本方面更具优势，具备更广阔的发展空间（见图五）。

### 趋势三：海陆两栖，新兴模式成未来生力军

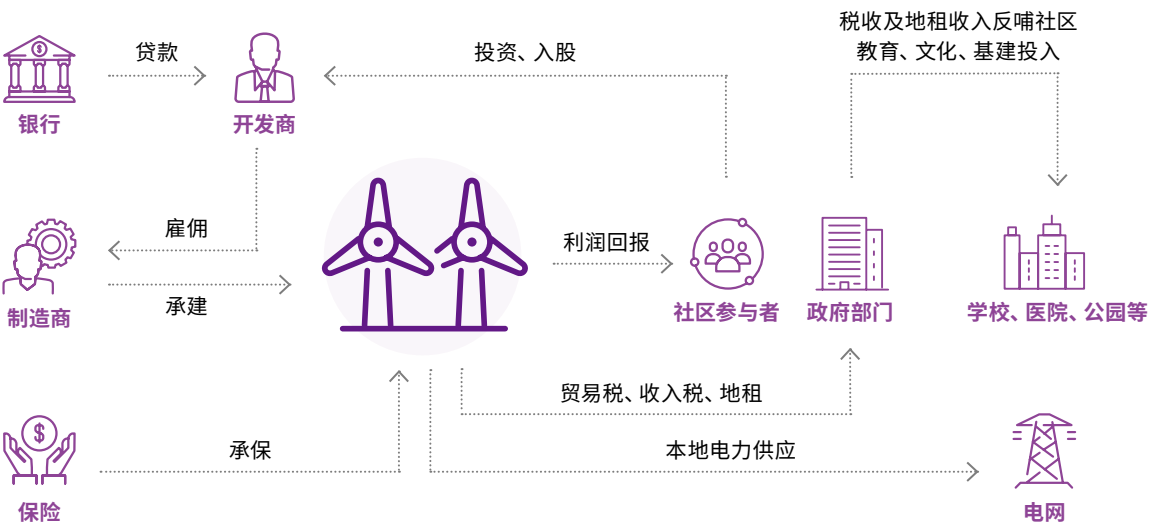
**陆上分散式“风电+”场景：**分散式风电不以远距离输电为目的，注重就近接入电网和当地消纳需求。未来可通过“风电+”模式打造社区风电等多样化应用场景，为当地社区提供清洁能源，实现零碳制造。在政策支持下，分散式风电可与乡村振兴等国家战略相结合，获得进一步发展（见图六）。

3. 国际能源机构（IEA），Offshore Wind Outlook 2019。

图五 风机整装技术路线对比

|        | 直驱           | 半直驱                  | 双馈                                  |
|--------|--------------|----------------------|-------------------------------------|
| 结构     | 无齿轮箱，机械可靠性好  | 有齿轮箱，取决于齿轮速比，故障率中等   | 有齿轮箱，有滑环，故障率较高                      |
| 控制     | 控制回路少，控制简单   | 控制回路数量居中，控制相对复杂      | 控制回路多，控制复杂                          |
| 电机总类   | 永磁电机，励磁不可调   | 永磁电机，励磁不可调           | 双馈电机，励磁可调                           |
| 电机造价   | 高            | 中                    | 低                                   |
| 尺寸/重量  | 大/重，吊装困难     | 稍大/稍重                | 小/轻                                 |
| 可靠性    | 最高           | 高                    | 低                                   |
| 可维护性   | 维护工作量小，维护费用低 | 可维护性较好，齿轮箱易发生故障需频繁维护 | 维护工作量较大，齿轮箱易发生故障需频繁维护，转子侧碳刷、滑环需额外维护 |
| 发电效率   | 高            | 中                    | 低                                   |
| 发电度电成本 | 高            | 低                    | 中                                   |

图六 社区风电应用场景



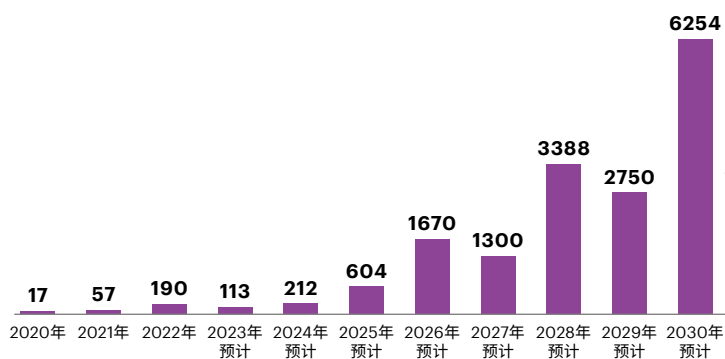
数据来源：埃森哲分析。

**海上风电向深远海域进发：**漂浮式风电为加速进军深远海域带来了契机。全球已有202.55MW的漂浮式风电项目投运，2023至2025年将有530MW漂浮式风电项目投运。根据全球风能理事会（GWEC）

的预测，2026年将实现漂浮式风电的商业化运营。预计到2030年，漂浮式风电装机规模将显著增长，其中中国新增装机容量为400MW，占全球新增量的6.4%。

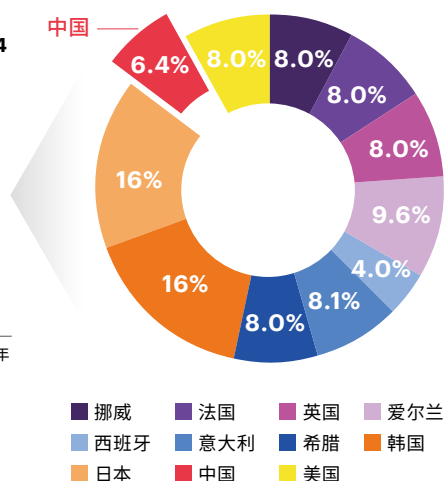
图六 漂浮式风电装机规模将显著增长

全球漂浮式海上风电新增装机预测 (MW)



数据来源：GWEC、埃森哲分析。

2030年全球漂浮式新增装机分布 (MW)



趋势四：多能互补，助力能源稳定供应消纳

**多能互补和风储一体化：**利用大型综合能源基地风能、太阳能、水能、煤炭、天然气等资源组合优势，推进风光水火储多能互补和联合外送。“风电+储能”模式协助平滑电力输出曲线，储能设备辅助风电场调峰、减少弃风电量，实现电网负荷平衡和能源供应稳定性。

**风电制氢：**利用海上风电直接驱动电解过程产生绿色氢能，以分散式风电场搭配制氢、储氢、加氢设施，打造氢能制造一体化产业链，服务于下游的运输、工业制造等产业。



行稳致远，风电企业未来转型举措

随着平价、竞价市场的来临，国内风电市场内卷加剧，对企业自身能力提出了更高要求，风电企业需要在产业布局、产品设计、资产运行等多方面寻找优化空间，扩大竞争优势。埃森哲认为，**风电企业可从八个方面布局进阶之路。**

图七 风电企业未来转型典型举措

| 战略规划                                                                                                                                     | 资本投资项目管理                                                                                                    |                                                                                                               |                                                                                                            |                                                                                                         |          |       |         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------|---------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• 产业布局</li><li>• 市场进入策略</li><li>• 企业增长战略</li><li>• 并购与联盟</li><li>• 后市场服务</li><li>• 可持续价值</li></ul> | • 智能选址与规划                                                                                                   | • 工程设计                                                                                                        | • 互联现场管理                                                                                                   | • 项目管理控制塔                                                                                               |          |       |         |
|                                                                                                                                          | 产品研发设计                                                                                                      | 资产运行维护                                                                                                        | 健康、安全、安保、环境                                                                                                | 风电智能调度                                                                                                  |          |       |         |
|                                                                                                                                          | <ul style="list-style-type: none"><li>• 先进设计</li><li>• 数字孪生仿真</li><li>• 三维协同设计</li><li>• 设计标准自动验证</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• 设备健康监测分析</li><li>• 设备预测性维护</li><li>• 虚拟辅助维修</li><li>• 无人机巡检</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• 风险管理</li><li>• 应急管理</li><li>• 环境影响评估</li><li>• 数智化HSSE监控</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• 发电量预测</li><li>• 柔性能源调度</li><li>• 能源物联网</li><li>• 虚拟电厂</li></ul> |          |       |         |
|                                                                                                                                          | 智慧供应链                                                                                                       |                                                                                                               |                                                                                                            |                                                                                                         |          |       |         |
|                                                                                                                                          | • 规模化采购                                                                                                     | • 供应链控制塔                                                                                                      | • 供应链网络优化                                                                                                  | • 供应商管理                                                                                                 | • 服务成本优化 |       |         |
| 数字技术赋能                                                                                                                                   |                                                                                                             |                                                                                                               |                                                                                                            |                                                                                                         |          |       |         |
| • 人工智能                                                                                                                                   | • 物联网                                                                                                       | • 机器人                                                                                                         | • 5G+                                                                                                      | • 区块链                                                                                                   | • 大数据    | • 云计算 | • AR/VR |

## 一、战略规划

- **产业布局:** 通过完善风电产业链的布局, 增强企业竞争力。例如, 风机整机厂商可向上游延伸进行关键零部件自产, 减少对外部供应商的依赖, 保证供应链稳定性。
- **后市场服务:** 存量风电逐步积累, 催生出庞大的运维市场, 风电企业需要重视资产运维, 积极切入后市场服务, 寻找新的盈利增长点。

## 二、资本投资项目管理

- **智能选址与规划:** 应用物联网、大数据收集和分析风资源、土地条件、环境影响等因素, 结合无人机进行现场勘察, 根据现场条件智能评估和筛选, 自动推荐设计方案。
- **互联现场管理:** 数字工人结合工业物联网, 打造数字化互联现场, 实现作业任务智能筹划、机器人赋能现场人员、工程进度状态动态跟踪。

### 案例:

#### Vestas应用物联网+可穿戴设备提升现场员工工作质效

丹麦新能源公司Vestas通过智能定位追踪员工所处的实际位置, 配套数字化操作手册载入头戴式计算机在线指导, 员工可随时随地查看工作任务及实施步骤, 及时掌握工作进程及变化。在工作环境能见度低的情况下, 一线员工通过语音指令实时获取技术支持, 由头戴式AI计算机进行语音播报, 辅助员工精准实施操作, 提升工作效率与准确性。<sup>4</sup>

- **项目管理控制塔:** 快速定位项目风险点, 识别进度延期、成本超支、工程交付质量等潜在风险因素, 依托智能算法, 实现实时工作管理纠偏、风险预控、动态指令、资源调度, 为项目管理人员提供决策支撑。

## 三、产品研发设计

- **先进设计:** 应用领先的技术、材料及设计原则, 改进产品可靠性及可持续性, 例如, 设计基于摆动原理的无叶片风机替代传统叶片式风机, 降低环境噪音及鸟类死亡率。
- **数字孪生仿真:** 通过收集和分析实际风机的运行数据, 建立风机的数字孪生模型, 开展各项设计优化和性能预测, 例如, 改进叶片形状、优化发电机配置、调整控制策略等, 提高风机可靠性。

### 案例:

#### GE数字孪生风机叶片设计

通用电气 (GE) 应用物联网传感器捕获风场的地形地貌及风况数据, 为每个风场建立数字孪生, 再利用风场的数字孪生反向设计风机的每一片风叶, 进而最大化整个风场发电收益。根据GE的测算, 一个2MW风机, 在应用数字技术优化后, 每年发电量可提高20%, 在风机的全生命周期内创造约1亿美元的额外收入。<sup>5</sup>

4. Vestas官方公开资料。

5. GE官方公开资料。

## 四、资产运行维护

- **设备健康监测分析：**利用基于人工智能的物联网技术（AIoT）实时监测设备的运行状态、温度、振动、电流等参数，及时感知核心大部件亚健康状态，结合不同场站、不同风机间的对标分析，识别出低效设备，及时整改，优化运行绩效。

### 案例：

#### Ørsted应用3D可视化监测海上风电机组

丹麦能源企业Ørsted通过激光扫描方式，以每秒两百万个点的速度扫描风电机组，形成机组的3D图像，在此基础上，结合外部环境数据，应用数字孪生构建了每个风电机组的环境可视化模型，支撑运维人员开展远程设备监测。该非入侵的监测方式能够全面识别机组内部结构和环境变化，消除外部难以触达的机械链接点监测盲区，提高运维效率，减少故障风险。<sup>6</sup>

- **设备预测性维护：**通过分析预测风机关键部件变化趋势、产品寿命和潜在风险，对零部件库存、运输和更换开展主动管理，抢占维修最优窗口期，减少风机停机、倒塔等损失。

## 五、HSSE（健康、安全、安保、环境）

- **数智化HSSE监控：**应用视频监控、车辆定位、人员定位、电子围栏等技术手段对现场人员、设备进行实时监控，突破风电场站地理位置、设备通信等限制，消除各类风险事故隐患。
- **环境影响评估：**利用地理网格、影像解析等技术，对环境数据信息进行分析，智能测算风场对周边环境的影响，模拟水质、噪声、废弃物、生物多样性等环境指标。

## 六、风电智能调度

- **发电量预测：**综合考虑季节、天气变化、温度及相似日出力和发电历史的出力，预测短、中、长期发电功率，为风电调度提供参考依据。
- **柔性能源调度：**通过实时监测风电场的运行状态和电网负荷情况，合理调整风机的运行模式和功率输出，实现对电力系统的精准调节。

## 七、智慧供应链

- **规模化采购：**关键零部件（轴承、叶片等）可采用集采方式，与供应商建立长期合作关系，提升采购的议价能力，降低采购成本。
- **供应链控制塔：**监控和指导整个端到端供应链的活动，作为供应链业务的指挥中心，实现供应链全流程信息实时可见、智能分析、自动执行。

## 八、数字技术赋能

- 人工智能、物联网、AR/VR、5G等数字技术快速发展，成为了风电企业转型的强大助力，将数字化、智能化解决方案嵌入核心业务及全产业链，更有效支撑企业运营管理优化。

风能作为新型电力系统的重要组成部分，风电企业的进阶之路绝非单兵作战，应当从被动适应向主动支撑电网转变，以转型应对变化、以创新开拓新局，为未来蕴育新机，解锁可持续新价值。

### 作者

朱雯

埃森哲大中华区战略与咨询能源与化工行业总监

胡佩祎

埃森哲大中华区战略与咨询能源与化工行业经理

胡铠麒

埃森哲大中华区战略与咨询能源与化工行业顾问

赵晋荣

埃森哲大中华区战略与咨询董事总经理

6. Ørsted 官方公开资料。

# 0.1%到20%： 布局万亿级氢能市场

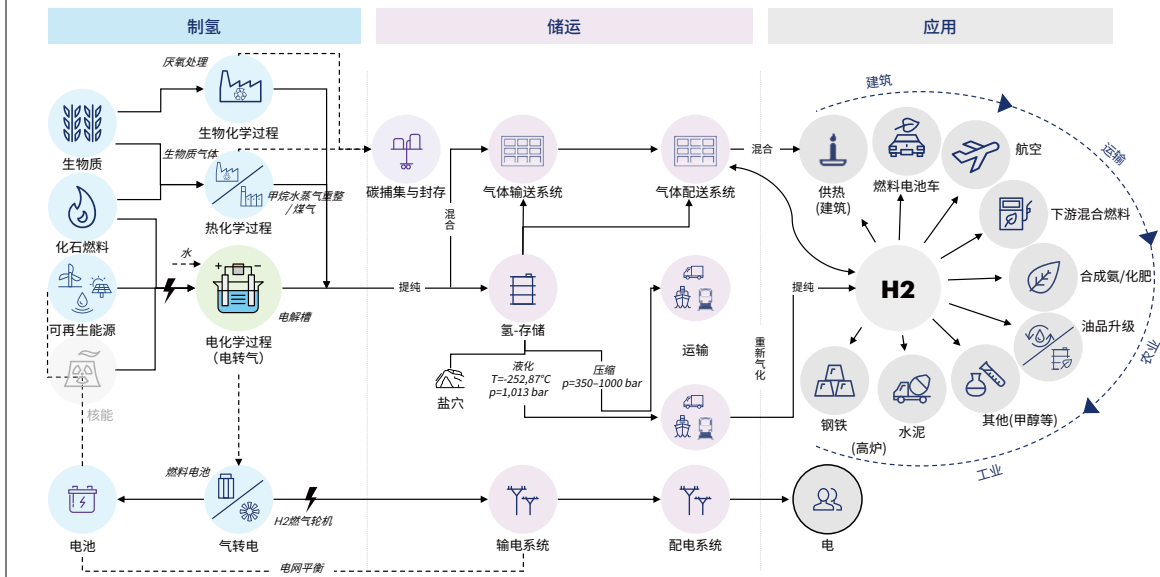
文 沈虹、曾峥、赵晋荣



作为达成净零转型的重要路径之一，氢能正逐渐站上能源转型的“C位”——2022年全球氢能领域的直接投资达到了2500亿美元，未来10年或将成为我国氢能产业的“黄金发展期”。<sup>1</sup>

其中，在新能源发电量急速增加且成本大幅降低的驱动下，绿氢（可再生能源电解水制氢）的商业化潜力得到了极大提升，在全球主要经济体中正处于快速萌芽阶段。把握住绿氢的发展黄金期对于中国实现“双碳”目标至关重要。

图一 氢能产业链上游制备、中游储运、下游应用三个阶段



## 万亿级氢能市场呼之欲出

全球氢能市场发展态势强劲。2022年，全球氢需求达到9500万吨，比2021年增长近3%。中国、日本、韩国、德国、美国等30个主要经济体（占全球GDP总量的70%）已将氢能产业发展提升到国家战略层面，以期通过氢能实现深度脱碳、经济增长与能源安全。

据国际权威机构预测，至2050年，全球范围内氢能占全部能源消费的比重将从目前的0.1%提高到12%~20%，实现质的飞跃；全球氢能领域的直接投资规模也将从2022年底的近2500亿美元，激增至2030年的5000亿美元；**至2050年，氢能全价值链的市场规模将达到1170万亿美元。**

1. 《国际氢能技术与产业发展研究报告2023》。

图二 全球其他主要发达经济体及能源参与方氢能发展战略及关键目标

|       | 氢能发展关键目标                                                                     | 2030年氢产量目标 | 预算金额           | 发布时间        |
|-------|------------------------------------------------------------------------------|------------|----------------|-------------|
| 美国    | 清洁氢的生产增加到2030年的1000万吨/年，2040年的2000万吨/年，2050年的3000万吨/年；在10年内实现1公斤清洁氢生产成本降至1美元 | 1000万吨/年   | 4亿美元（2022年）    | 2021年/2022年 |
| 欧盟    | 第一阶段：到2024年，电解槽装机量达到6GW，生产100万吨绿色氢气；第二阶段：到2030年，电解槽装机量达到40GW，生产1000万吨绿色氢气    | 1000万吨/年   | 240-420亿欧元     | 2020年       |
| 德国    | 投资70亿欧元用于德国氢能业务研究，投资20亿欧元用于国际氢能合作伙伴关系维护；新建5GW电解槽制氢装置                         |            | 90亿欧元          | 2019年/2020年 |
| 法国    | 2030年之前投资70亿欧元发展绿色氢能；新建6.5GW电解槽制氢装置                                          |            | 72亿欧元          | 2020年       |
| 葡萄牙   | 2030年之前投资70亿欧元发展绿色氢能；新建6.5GW电解槽制氢装置                                          |            | 70亿欧元          | 2020年       |
| 西班牙   | 2030年前新建4GW可再生能源制氢产能，实现25%的工业氢气脱碳                                            |            | 89亿欧元          | 2020年       |
| 荷兰    | 2025年达到500MW的电解能力，2030年达到3-4GW的电解能力                                          |            | N/A            | 2020年       |
| 英国    | 2030年形成5GW的低碳制氢产能，建设首个完全由氢气供热的城镇                                             |            | N/A            | 2021年       |
| 加拿大   | 氢气总使用量达到400万吨/年，占最终能源总消耗量的6.2%                                               | N/A        | N/A            | 2020年       |
| 澳大利亚  | 氢气总使用量达到400万吨/年，占最终能源总消耗量的6.2%                                               | N/A        | N/A            | 2020年       |
| 日本    | 2030年氢气供应量达300万吨/年，制氢成本降至3美元/公斤；2050年氢气供应量达2000万吨/年，制氢成本降至2美元/公斤             | 300万吨/年    | 700亿日元（2020财年） | 2019年       |
| 沙特阿拉伯 | 清洁氢的生产到2030年达到290万吨/年，到2035年达到400万吨/年                                        | 290万吨/年    | 360亿美元（2030年前） | 2021年       |
| 卡塔尔   | 使用本国丰富的天然气资源生产蓝氢，并以合作的形式在出口目的国进行蓝氢生产。目前卡塔尔能源已经和H2Korea（韩国）、Shell（英国）签订协议     | N/A        | N/A            | 2021年       |

## 氢能战略护航全产业链蓬勃发展

中国是全球最大的氢气生产国和消费国，2022年氢气产量3781万吨。发展氢能是中国深度脱碳、保障国家能源安全的重要手段。2022年我国石油和天然气两大能源对外依存度分别为71.2%和40.2%，而氢能能够降低对传统化石燃料的依赖，带动整体产业链升级转型。

**从政策激励角度来看**，2022年《氢能产业发展中长期规划（2021—2035年）》的发布，标志着中国氢能发展正式纳入国家发展规划，进入到全产业链协同及多元化应用拓展的系统化全面平衡发展阶段。规划要求：在绿氢生产方面，到2025年，可再生能源制氢量达到10~20万吨/年；在储运方面，逐步构建高密度、轻量化、低成本、多元化的氢能储运体系；在应用方面，到2035年，形成氢能产业体系，构建涵盖交通、储能、工业等领域的多元氢能应用生态。

另外，氢能产业发展中长期规划提出，鼓励银行业金融机构按照风险可控、商业可持续性原则支持氢能产业发展，加强对氢能产业的金融支持。随着相关支持政策的出台，绿色金融项下专注于低碳环保领域的融资途径更加丰富。可以利用多种融资工具包括绿色信贷、绿色债券、绿色保险、绿色资产证券化等，为氢能企业提供流动性支持。并且，随着氢交易市场的搭建，以及与碳交易结合的探索，将进一步促进氢能行业发展。

国家接连出台了多方面鼓励政策，如推动氢能等高耗能、重点减排的工业领域及交通领域的应用，相关科技创新以及财税、信贷、融资、土地、进出口等领域的推进发展政策，都强化了中国氢能行业持续发展的信心。

地区层面，50余个城市及地区已发布氢能发展规划及百余项氢能相关鼓励政策，主要涉及加强技术创新、支持行业标准与认证体系建设、补贴与税务优惠、推动制储氢领域发展、拓展氢应用范围与规模五大类。其中北京、上海、内蒙古、陕西、山东、河南、浙江明确2025年氢能产业规模超千亿元。

同时，**绿氢应用场景呈多元化、规模化**。中国多数省份均已开展绿氢示范项目，以华北、西北等风光资源丰富的地区及华东沿海等经济发达地区为主。官方公示100MW规模以上项目已超过50项，风光氢储、风光氢氨等一体化项目为普遍模式。2023年6月，新疆库车绿氢示范项目正式投产，标志着中国首次实现万吨级绿氢炼化项目全产业链贯通。

另外，**利用产业集群规模效益，绿氢还能赋能区域内减碳协同**。截至目前，中国已建设近40个氢谷及氢能产业示范区。通过技术力量集中、氢能应用场景集中、政府资源支持集中的方式，利用规模经济、分担风险、提升氢能企业的盈利空间，实现更加完整的减碳方案。例如，在铝产业中，绿氢可为热能发电提供一种可行的替代燃料，消除高热工艺造成的4%的工业碳排放，并为中低热发电减少12%碳排放。

随着新应用场景的拓展与成本的大幅下降，中国氢气需求将在2030年后呈现爆发式增长。2030年碳达峰情景下，氢能在中国终端能源体系的占比将提高到6%，随着绿氢成本劣势的消除，2030年中国绿氢需求规模预期最高可达2229万吨，2060年最高可达1.1亿吨。

## 中国氢能行业发展建议

虽然氢能行业前程发展可期，但面对起步阶段政策、需求及技术研发等方面的不确定性，氢能企业实现尽快且可持续盈利的目标仍面临挑战。埃森哲对氢能价值链参与企业提出六条建议，以应对现阶段发展的主要挑战。

### 1.正视当前风险，先“做强”再“做大”

2030年之前，中国及全球绿氢行业处于蓬勃发展阶段，产能急速扩张，吸引着大量投资涌入，部分企业盲目进入，陷入短期投机陷阱。企业应首先正视氢能行业发展初级阶段面临的技术、政策、需求、成本、基础设施等相关风险，综合考虑各方面不确定性，明确企业发展氢能业务的长期愿景与目标，制定相适应、可落地的发展路径，通过打造高质量的氢能项目，塑造可信任的品牌，构建核心竞争力，先“做强”再“做大”。

### 2.坚持“以需定供”，严控氢能投资回报风险

绿氢制备、储运到下游规模化应用均属于重资产项目，投资规模大，回报周期长。当前绿氢价格劣势明显，在工业用氢对氢气价格敏感度高、交通领域用氢规模小的背景下，企业面临氢能业务近期及中期盈利性的巨大挑战。





建议企业坚持“以需定供”的科学发展理念，在项目前期明确盈利模式（例如：绿氢主副产品的消纳方案及定价策略），有计划地扩张产能，严控资金风险及投资回报水平，确保氢能业务的可持续发展。

### 3.打磨核心竞争力，构建高质量生态圈

绿氢涉及新能源发电、工业气体生产、设备制造、合成化工等多个行业及领域。尤其针对氢能一体化项目，企业难以具备保障端到端的可靠性及安全性的所有能力。

为了共同推动行业发展（如通过工艺优化及运营提升，降低绿氢应用成本，提升绿氢竞争力），企业应积极打造与其氢能业务发展相适应的生态合作模式，实现生态圈内的优势互补，并专注投入在面向未来的核心能力建设。

### 4.利用全球区域氢能市场优势，提前战略布局

由于新能源资源禀赋、产业结构、能源转型方向等方面的差异，当前阶段各国氢能发展特点突出。例如，中国绿氢应用场景丰富，规模潜力巨大，增长速度快；欧美市场的技术储备多，质量标准高，碳价高，稳健发展；澳大利亚积极推动国际氢能贸易合作；中东绿氢价格优势明显等。

虽然在2030年之前，绿氢的国际贸易仅限技术试点，不具备跨区域规模化运营的条件，但具有国际化雄心的企业，可以利用当前全球不同区域市场的优势，汲取宝贵实践经验，同步强化多维度竞争力，提前战略布局。

### 5.系统化构建敏捷且风险可控的运营模式

为了应对氢能行业发展的众多不确定性，氢能企业需要风险可控、体系化、敏捷易拓展的运营模式。尤其围绕氢能业务运营，目前仍缺少完整、可借鉴的成熟案例与优秀实践。

建议企业结合相关行业的优秀实践，梳理氢能业务风险与运营要求，系统化构建流程、组织、管控、绩效、数字化系统的架构与规则，并在氢能业务发展实践中，不断总结经验教训，持续优化运营模式。

### 6.构建能力提升体系，培育复合型氢能人才

氢能行业的快速发展带来了新的岗位与技能需求，企业亟需具有理论和实践经验的复合型人才。虽然2019年“氢能技术应用”成为专科专业、2022年“氢能科学与工程”专业列入本科专业目录，氢能人才紧缺问题在中国高校开始获得突破，但为了及时缓解人才紧缺的现状，储备核心人才与技能，企业亟需构建一套氢能人才能力提升体系，包括能力素质模型、职业通道、培训体系、知识管理等。

# 中国氢能企业制胜举措

全球氢能行业正步入发展快车道，万亿级的市场发展前景也吸引了众多行业玩家争先布局。面对日趋激烈的竞争，埃森哲从战略、投资、项目开发、运营、贸易及商业优化五个方面，为企业提出制胜之策。

图三 氢能企业制胜举措

氢能业务战略

- 战略愿景
- 氢能业务机会评估
- 政策与法规
- 总体拥有成本/价值链模型与决策支持
- 资金
- 技术与经济性评价
- 未来能源场景建模

氢能投资组合

- 尽职调查
- 收并购
- 股权设计、进入市场战略
- 氢能集群组建
- 数字化战略与运营模式设计
- 生态圈与合作模式-合资业务与运营模式设计

氢能项目开发

- 项目计划，可行性研究，商业案例设计
- 氢能基础设施设计、资产概念设计
- 技术与供应商筛选
- 供应链及运营数字化孪生
- 资产项目交付及项目管理
- 利益相关者管理

氢能资产运营

- 决策辅助工具：
  - 生产优化
  - 需求与价格分析
  - 长期购买协议
- 运营及维护优化：
  - 数据可视化
  - 数字孪生
  - 预测性维护
  - 数字工人
  - 工单集成
- 智能化运营，集成化能源系统及市场营销自动化

氢能贸易及商业优化

- 交易/贸易平台
- 源头可追溯性
- 交割-商业策略
- 商务优化——体量与价格
- 客户合约谈判及履约工具价格

- 氢能业务战略：**企业布局氢能市场需首先明确战略愿景、发展目标，进而对市场机会进行评估，在满足政策及合规要求的前提下，设计相应业务模式。
- 氢能投资组合：**氢能产业链上、中、下游各环节均亟待完善，企业有机会在各细分领域进行布局。企业可以投资、并购、合资、发展产业集群等多种形式，发挥合作伙伴及生态圈力量，实现氢能市场进入及进一步的规模化发展。
- 氢能项目开发：**企业需对氢能项目开发与执行进行全链条优化。从项目规划、可行性研究、技术评估、项目部署与落地，到项目交付与持续优化，提升端到端管理水平。
- 氢能资产运营：**通过部署智能化技术和工具（如生产优化需求、电力采购协议管理、数字孪生、预测性维修维护、互联工人等），提升自身氢能项目智能化运营效率的同时，促进产业链的智能化发展。
- 氢能贸易及商业优化：**管理氢能产品作为能源产品的使用与交易，优化交易策略、定价及执行。欧盟等地对于绿氢等二次能源的可再生特性追溯非常严格，因此保证交易全过程的可追溯性对于绿氢企业也至关重要。

作者

- 沈虹**  
埃森哲大中华区战略与咨询能源与化工行业经理
- 曾峥**  
埃森哲大中华区战略与咨询能源与化工行业顾问
- 赵晋荣**  
埃森哲大中华区战略与咨询董事总经理

# 储能下一站， 协同新能源

文 朱雯、喻濛濛、赵晋荣



中国储能产业虽起步较晚，但在政策大力扶持下已经进入高速发展期，据彭博新能源财经（BNEF）预计，到2030年中国将超越美国，成为最大的兆瓦级储能市场。<sup>1</sup>随着新能源渗透率不断提升，储能作为贯穿源、网、荷侧的灵活调节性资源，也为传动储能产业链在设备制造、系统集成、能源系统构建等领域的高速成长带来无限可能。

如何更好地利用储能解决新能源的随机性、波动性、不均衡性，高质量发展储能正在成为核心课题。本文将重点探讨储能在未来新型能源网络中的多元应用价值，助力新能源企业开辟储能新赛道。

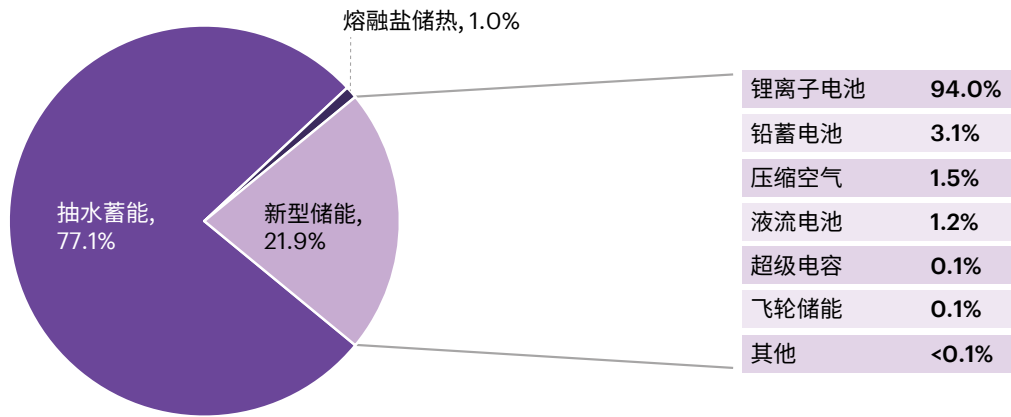
## 多点发力，新型储能市场未来可期

当前中国储能市场仍以**抽水蓄能**为“基本盘”。抽水蓄能是目前电力系统的主要调节型电源，在中国储能市场中累计装机规模占比虽自2018年起呈现逐年下行趋势，但未来仍是主流的电力储能方案，预计2030年装机规模达120GW以上。<sup>2</sup>

同时中国还在大力发展**新型储能**。2022年中

国新型储能新增规模7.3GW，占全球总新装规模的36%，超越欧洲的26%及美国的24%，成为全球新增投运新型储能项目占比最大的国家（或地区）；截至2022年底，中国新型储能累计装机规模达13.1GW。<sup>3</sup>仅2023年上半年，中国新投运新型储能装机规模约8.63GW，已超过2022年全年新增规模。<sup>4</sup>

图一 中国电力储能市场累计装机规模（MW%，2000年—2022年）



数据来源：中关村储能产业技术联盟《储能产业研究白皮书2023》。

1. 彭博新能源财经（BNEF），1H 2023 Energy Storage Market Outlook。  
2. 国家能源局，《新型电力系统发展蓝皮书》。  
3. 中关村储能产业技术联盟（CNESA），《储能产业研究白皮书2023》。  
4. 中国能源报，国家能源局2023年三季度新闻发布会。

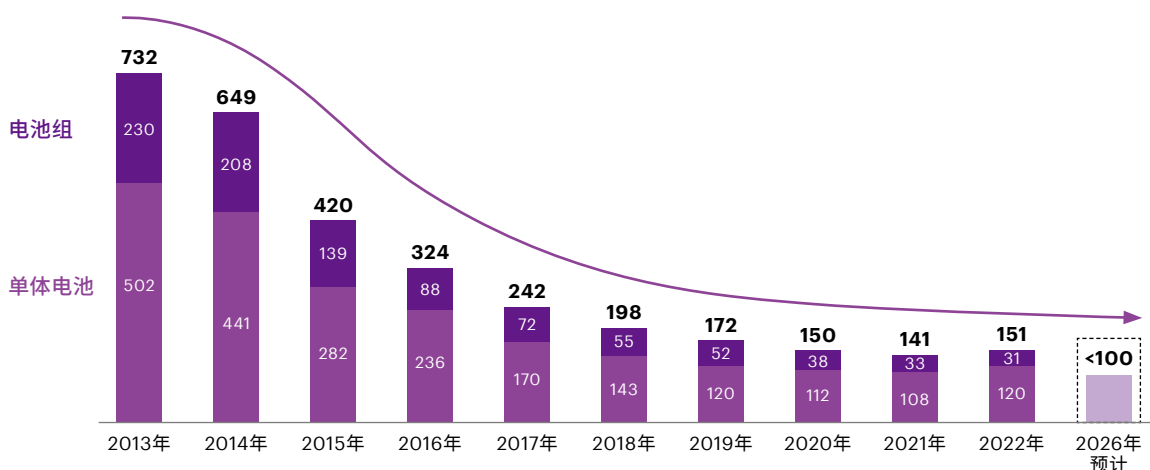
在储能细分领域市场中，以锂离子电池、压缩空气为代表的新型储能近几年异军突起，液流电池、熔融盐储热等新型储能方案亦初露端倪。<sup>5</sup>

- **锂离子电池：**锂电池产业发展趋于成熟，首次购买成本不断降低、使用寿命逐步延长，近年来在中

国储能市场中累计装机规模占比不断攀升，牢牢占据新型储能绝对主导位置。2022年，国内锂离子电池装机规模7.1GW，占新型储能的97%；截至2022年底，累计装机规模12.3GW。

图二 锂电池成本逐年降低

2022年实际货币水平（美元/千瓦时）



注：

- 1.数据来源：彭博新能源财经BNEF，年度电池价格调查
- 2.所有价值均以2022年实际美元计
- 3.加权平均调查值包括来自乘用车、公共汽车、商用车和固定储能的178个数据点
- 4.原材料和组件价格上涨是2022年电池价格上涨的最大原因，预计2023年仍将保持在152美元/千瓦时，2024年起开始再次下跌。

- **压缩空气储能：**具有容量大、周期长、安全性能高等优势，通过可再生能源发电（如太阳能、风能等）进行充电和循环利用储存压缩空气能量，实现能源可持续利用。自2021年起，压缩空气储能进入跨越式增长，2021年新增投运规模近170MW，接近2020年底累计装机规模的15倍。
- **铅蓄电池：**受能量密度低、环保政策等因素影响，在电池储能领域的主导地位被锂离子电池取代，近年产量增长放缓，截至2022年底，累计装机规

模0.41GW。未来铅蓄电池在满足环保要求、提高蓄电池容量和续航能力前提下，市场需求仍较为旺盛，在风力发电系统中的应用亦将有所增加。

- **液流电池：**液流电池是未来长时储能中最具潜力的方案之一，比锂离子电池更为安全、环保，但由于仍存在初装门槛高、度电生命周期成本高等难点，当前依旧处于商业化运营初期。全球功率最大、容量最大的百兆瓦级液流电池储能调峰电站已于2022年10月在中国大连正式并网发电。<sup>6</sup>

5. 以下分点数据来源：中关村储能产业技术联盟（CNESA），《储能产业研究白皮书2017-2023》。

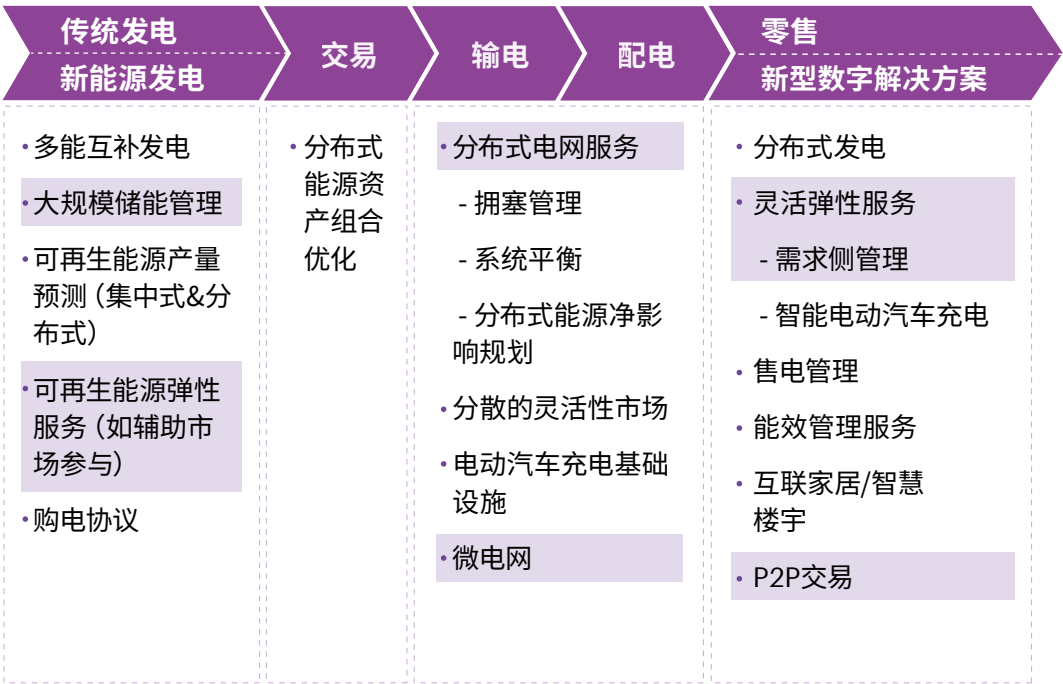
6. 国际能源署（IEA）官网公开信息；Energy Storage News公开信息；中科院大连化学物理研究所官方公开信息。

- 熔融盐储热：**2022年累计装机规模0.6GW。由于一次性投资规模较大、能量转换效率较低等原因，目前规模增幅低于储能平均市场增速，但作为主流的高温储热技术，熔融盐储能与光热发电项目具有高度适配性，用于长周期、大容量的调节发电波动方案，熔盐储热系统规模亦将不断扩大。
- 飞轮、超级电容等：**存在能量密度较低、自放电率较高等问题，增长较为缓慢。随着相关新技术正逐步取得突破，应用需求不断上升，未来飞轮、超级电容等储能技术将逐渐在市场上大放异彩。

## 数智融合，互联能源服务引领创新

在支持实现净零排放的道路上，储能已显现出巨大潜能。埃森哲建议以能源产业链“**互联能源服务框架**”为指引，植根能源网络，围绕发电侧、电网侧、售电侧六类数智融合场景重点发力突破。

图三 埃森哲互联能源服务框架



发力方向——储能数字解决方案

## 一、发电侧：储能与可再生能源强强联合，缓解新能源电力持续出力难题，促进新能源消纳

### • 大规模储能管理：长时储能崛起，支撑系统跨季节动态平衡

2019年至今，全球长时储能项目已吸引约580亿美元投资，全部投产后，长时储能装机总量预计将新增5700万千瓦，相当于2022年全球长时储能总装机的3倍左右。<sup>7</sup>未来要重点关注以电池储能、压缩空气、热储能为主的储能技术，结合风、光、热等清洁能源特性，配置在空间尺度和时长维度上适配的储能装置，应对日度间、季度间能量缺口。

### • 可再生能源弹性服务：辅助服务市场，新能源配储成为刚需

在以可再生能源发电为主的情况下，多地出台储能参与辅助服务市场实施细则，主要关注调峰、调频辅助服务，尤其是一次调频及二次调频。未来在发电侧“新能源+制氢”“外送基地+储能”等应用场景下，可通过“共享模式+电网调峰补偿”“容量租赁+调峰补偿”等模式，使储能与新能源发电站一起参与辅助服务市场，保障绿电外送。

## 二、电网侧：储能作为输配网络中的后备装置，与分布式发电、能量转换装置、负荷监控等组成微电网，提供智慧能源服务

### • 分布式电网服务：融合数字技术，加速升级智慧调控体系

利用云计算、区块链等数字化技术，将分布式储能系统更有效地组织和整合到电网中，支撑用户、自发自用、余电上网，打造面向全网的监控调度和分析系统。智慧调控被列入“十四五”新型储能发展实施方案的关键技术之一，能够实现对各类可控资源的数据接入和处理，更好地协调新能源与储能运行，具有广阔的市场前景。

### • 微电网：电池储能管理，提升区域绿电消纳能力

电池储能是微电网建设源、网、变、控、储中的关键一环，配置储能设备和物联网技术，开发诸如储能电池远程监控系统，优化源于可再生能源的存储与运营。通过科学规划、合理配置、集成各类分布式能源（风、光、储、燃等），实现功率平衡控制、系统运行优化、电能质量治理等多元化能源优化配置，缓解主网并网压力。



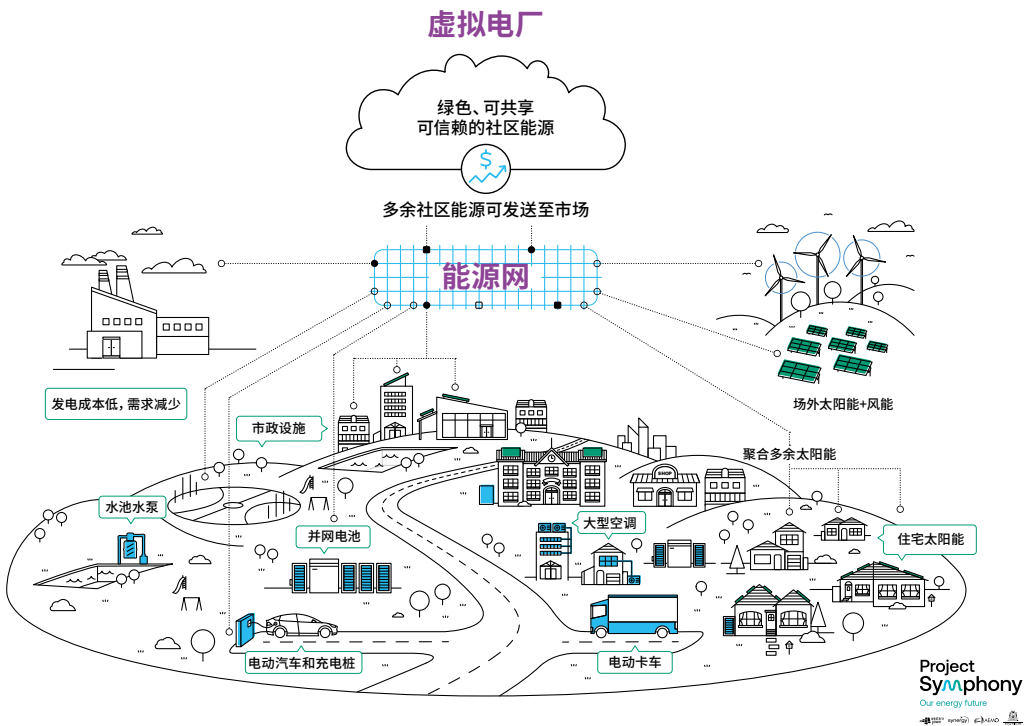
7. 中国能源报，长时储能成行业新风口，2023。

## 他山之石

### 智慧调控领先实践： 澳大利亚Project Symphony虚拟电厂（VPP）

澳大利亚Project Symphony<sup>8</sup> 由澳大利亚可再生能源局ARENA、电力供应商Western Power、公用事业公司Synergy、能源市场运营商AEMO共同打造。该项目将大约500个家庭和企业的900个分布式能源（如光伏发电等）通过储能装置组织起来，

在当地进行电力生产和储存，在数字技术支持下形成稳定、可控的“大电厂”。VPP允许以类似于传统发电厂的方式聚合产生的能源，并进行优化存储、分配和销售，使得各类分布式能源有机会参与电力市场交易。



数据来源：AEMO官网公开信息，埃森哲分析。

8. AEMO公司官网公开信息，埃森哲分析。

### 三、用户侧：储能搭载动态预测、智慧分析、自动响应的进阶能力，参与用户侧需求管理和市场互动，发挥能源平台型共享价值

#### • 需求侧管理：智慧储能管理，实现自动供需匹配

储能可在特殊情境下（极端天气、负荷波动等）助力能源系统供需匹配，保障电力供应。与数字技术结合，开发诸如智慧储能管理系统，基于能源物联网技术实时监测能源需求变化，可自动完成供需匹配，提高绿电使用率；依托大数据及全面可视化，储能设备在用电低谷期蓄电、高峰期放电，支撑电网系统“削峰填谷”和用户侧“谷电峰用”。

#### • P2P交易：生态共享储能，激发平台型调节潜能

负荷侧正逐步从传统商业模式转向储能共享模式，积累调动负荷侧可调节资源参与电网、市场高效互动。通过打造差异化能源平台解决方案、P2P能源交易平台、面向生态的云储能平台等，促进用户侧储能资源共享、提高利用效率、降低综合成本。此外，平台生态企业、电动汽车、金融机构等企业应积极开展跨界合作共享，孵化综合数字化创新解决方案。

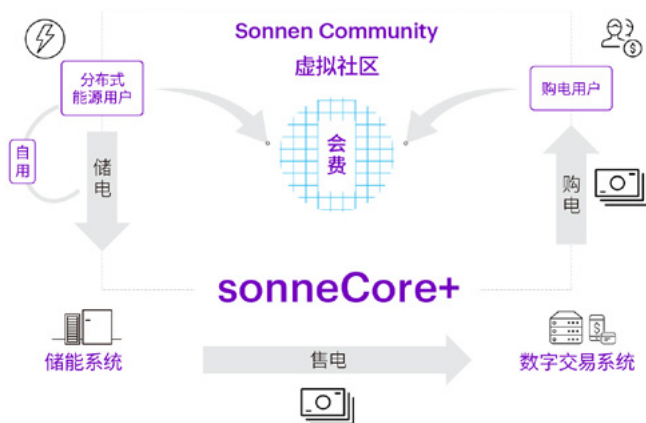
## 他山之石

### 生态共享领先实践： 德国Sonnen Community<sup>9</sup> 共享储能及P2P交易

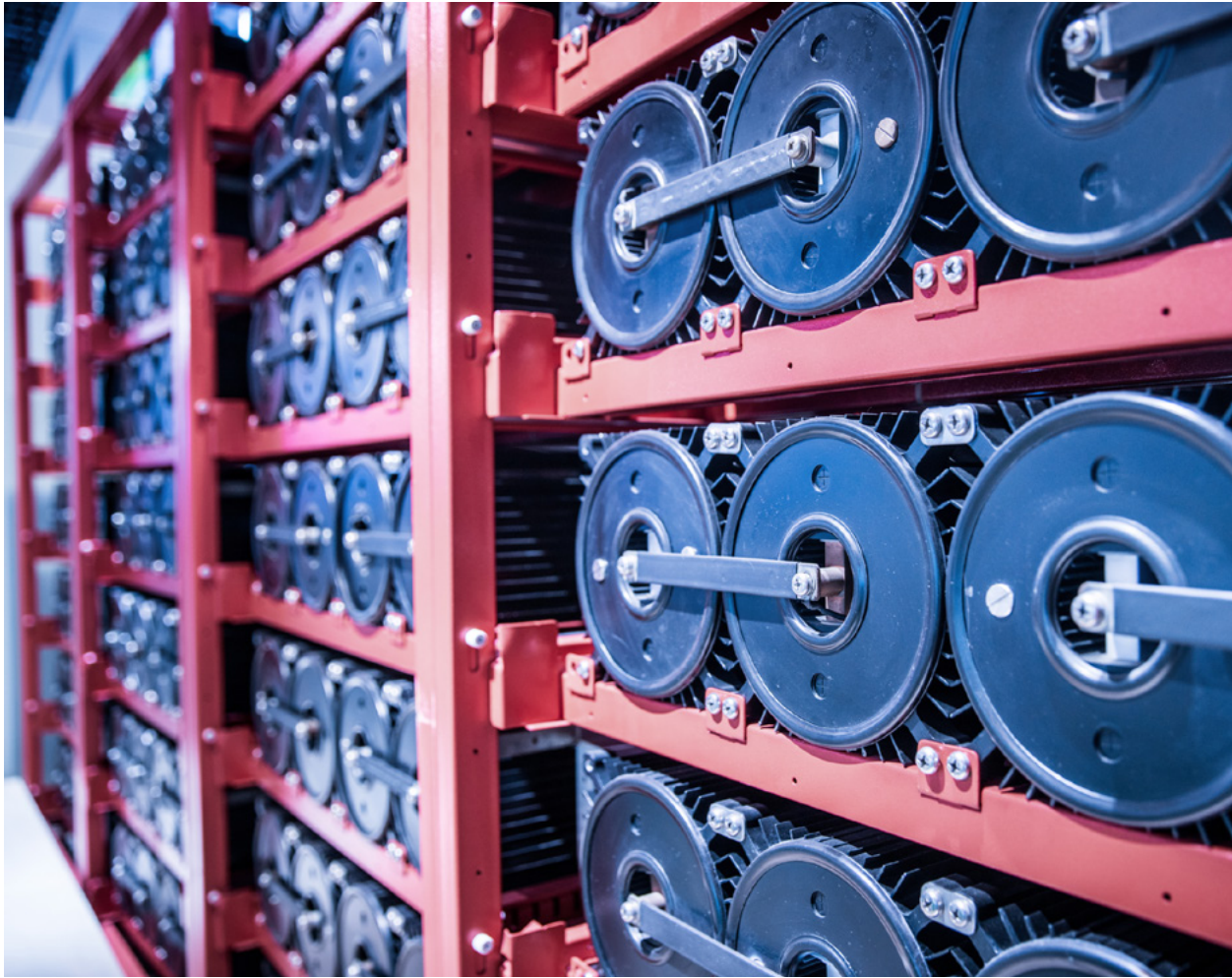
德国Sonnen公司推出家用储能系统sonnenCore+，储户通过太阳能光伏搭配其电池储能系统，自动记录和管理家庭的用电和发电量，帮助家庭实现能源的自给自足，最大容量可达60千瓦时；该系统还被大量部署在大型虚拟电厂（VPP）项目中，使得储能系统

可以被调度控制，为公用事业企业提供服务。

同时，构建P2P交易平台Sonnen Community，为分布式能源提供交易渠道，实时平衡社区内用电量，将剩余电力进行交易，并加入天气预测系统，提前做好发电与储能计划，实现虚拟社区供需平衡。



9. Sonnen公司官网公开信息，埃森哲分析。



储能作为新能源的“稳定器”、能源供应的“蓄水池”，对构建中国新型能源体系至关重要。未来需要产业链各方协同发力，监管机构、能源企业、服务提供商等市场各参与方携手并进，在技术突破、规模制造、成本压降的基础上，持续将触角延伸到下游应用环节，深度参与多元化场景拓展和商业模式创新，以零碳思维驱动储能规模应用，促发储能市场机制完善和产业可持续发展，勾勒绿色新篇章。

#### 作者

##### 朱雯

埃森哲大中华区战略与咨询能源与化工行业总监

##### 喻濛濛

埃森哲大中华区战略与咨询能源与化工行业顾问

##### 赵晋荣

埃森哲大中华区战略与咨询董事总经理

# 追光逐梦： 释放7000+GW 新绿能

文 赵津媛、马志贤、赵晋荣

经过二十余年发展，中国光伏行业总产值已突破万亿。在“双碳”目标的背景下，作为国内装机规模第二大电源，光伏产业仍然处于高速发展期，预计将有超过30倍的市场增长潜力。<sup>1</sup>然而，如何从这个市场格局相对稳固的领域，挖掘潜在的商业价值，仍然是众多企业“追光之路”上的必修课。

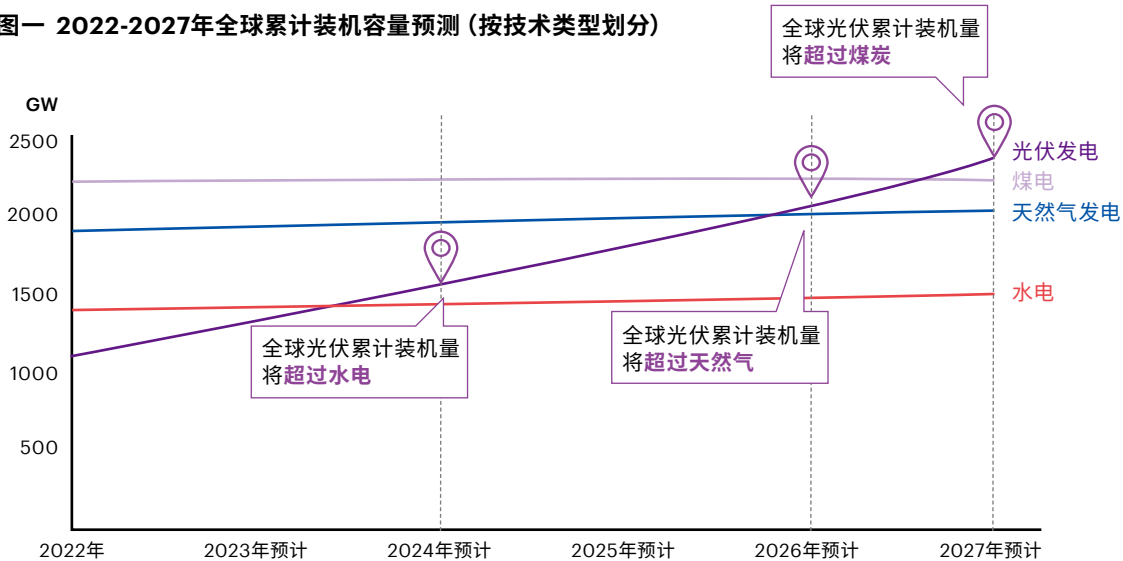
## 光伏发电成为可再生能源“绝对主角”

据国际能源署（IEA）统计，截至2022年底，全球累计光伏发电总装机容量达到1185GW，其中2022年共计安装投运240GW。<sup>2</sup>预计到2027年，光伏发电累计装机容量最高将达到2350GW，超越煤炭发电总量，独占鳌头。<sup>3</sup>预计到2050年，在既定政策（基于各国政府为达成目标实际制定的政策情境）下光伏累计装机容量将超过7000GW，在已宣布方案（基于

各国政府将全面按时实现其宣布的气候相关承诺的假设而进行的情境分析）下将高达11000GW。<sup>4</sup>

国际可再生能源署（IRENA）报告显示，2022年光伏发电在全球可再生能源新增发电装机容量中占比达到65.1%，成为“绝对主角”，其中中国贡献约44%。<sup>5</sup>

图一 2022-2027年全球累计装机容量预测（按技术类型划分）



数据来源：国际能源署（IEA）《2022年可再生能源报告》。

1. 中金公司：未来40年实现“碳中和”约需140万亿元投资，电力、交运、建筑需求量最大（baidu.com）。

2. 国际能源署（IEA），Snapshot of Global PV Markets 2023。

3. 国际能源署（IEA），Renewables 2022: Analysis and forecast to 2027。

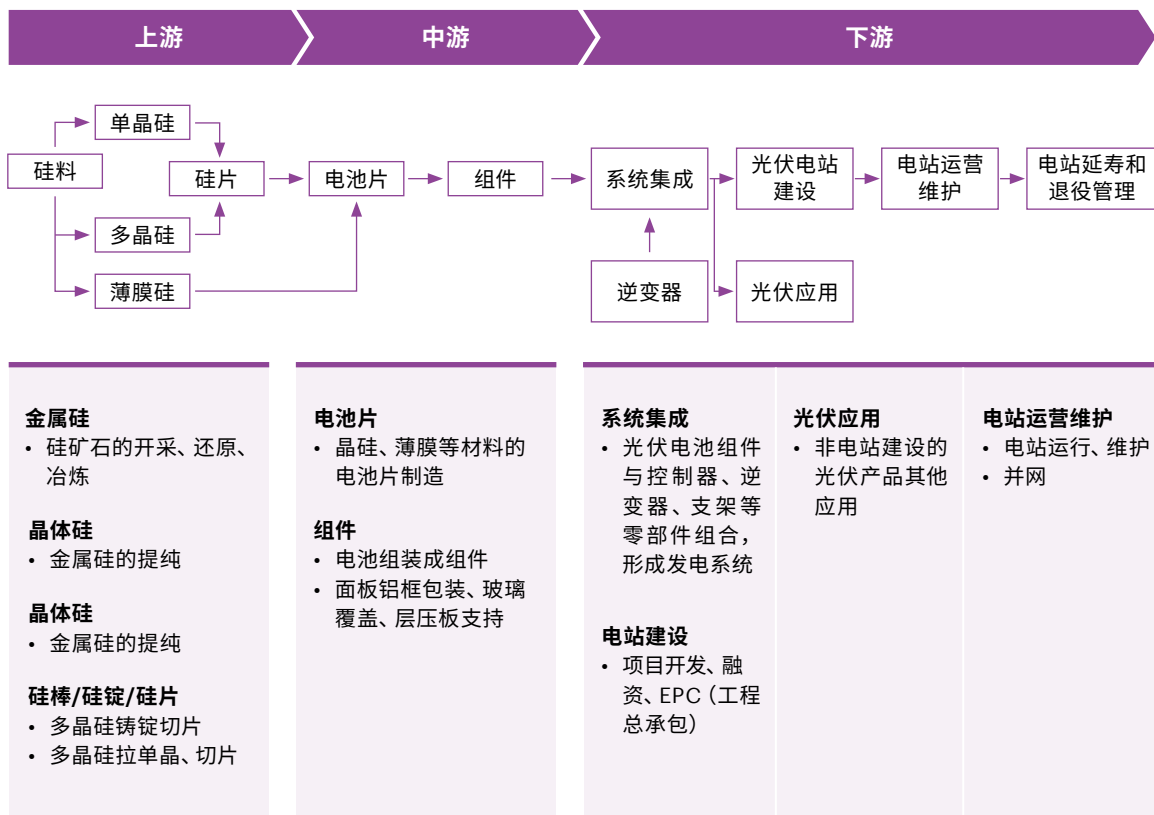
4. 国际能源署（IEA），World Energy Outlook 2022。

5. 国际可再生能源署（IRENA），Renewable Capacity Statistics 2023。

早在“十二五”期间，中国已将光伏产业列为国家战略性新兴产业之一，直至当前已基本形成了在全球具备显著竞争优势的完整产业链。2021年后，随着

双碳目标的提出和落地实施工作的开展，光伏行业整体向高质量转型，逐步成为中国可再生能源跨越式发展的重要支柱。

图二 光伏发电产业链



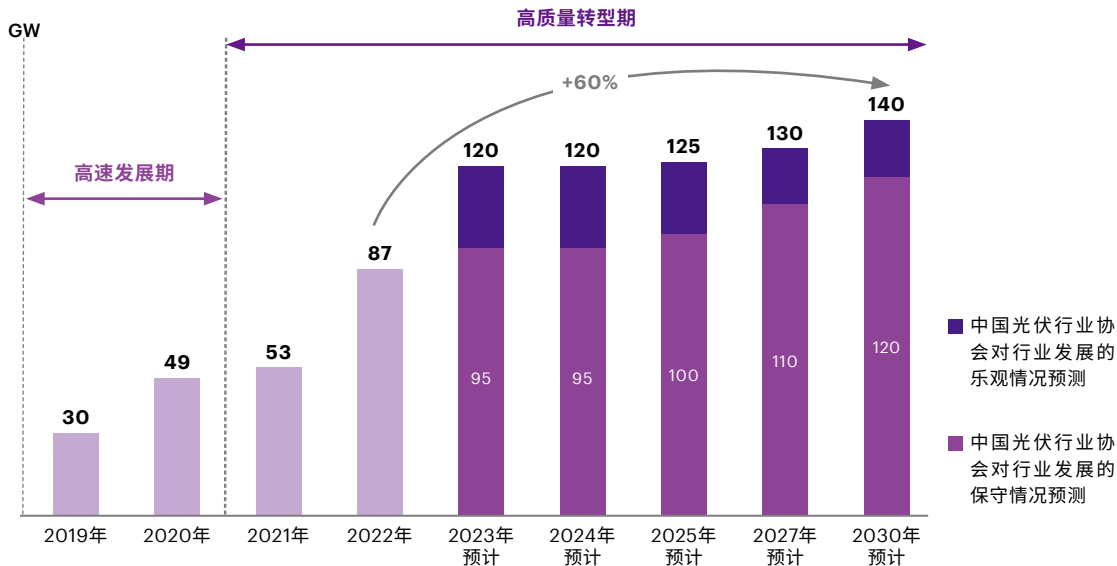
## 光伏全产业链规模增速显著，光伏装机量跃居第二大电源

根据国家能源局发布数据，2023年1—6月，制造端多晶硅、硅片、电池、组件等主要环节产量再创新高，同比增长均超过65%，应用端新增光伏并网装机量78.42GW，同比增长154%。截至6月底，

中国光伏累计装机容量超过470GW，<sup>6</sup>已经成为国内装机规模的第二大电源，仅次于煤电。基于对行业发展的乐观预期，中国光伏行业协会（CPIA）甚至将2023年光伏新增装机预测由95~120GW上调至120~140GW。

6. 国家能源局，国家可再生能源中心，中国电力企业联合会公开信息，工业和信息化部官网，埃森哲分析。

图三 2019—2030年中国光伏新增装机量及预测

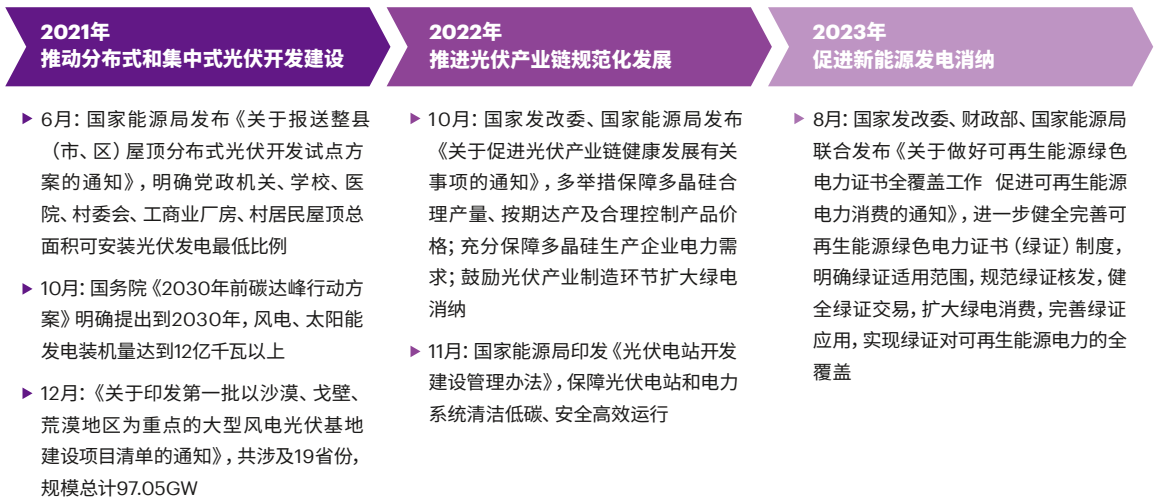


数据来源：国际能源局历年光伏发电统计信息表、中国光伏行业协会2022年光伏行业发展回顾与2023年形势展望、埃森哲分析。

### “量”“质”并重，政策引领光伏产业高质量发展

中国光伏产业发展有明显的政策导向性，随着光伏补贴的退坡及取消，转向由碳中和进程中旺盛的市场需求推动模式，户用光伏、绿证交易等政策逐步推出，光伏产业进入了平价发展的成熟阶段。

图四 中国光伏产业高质量快速发展近三年主要政策

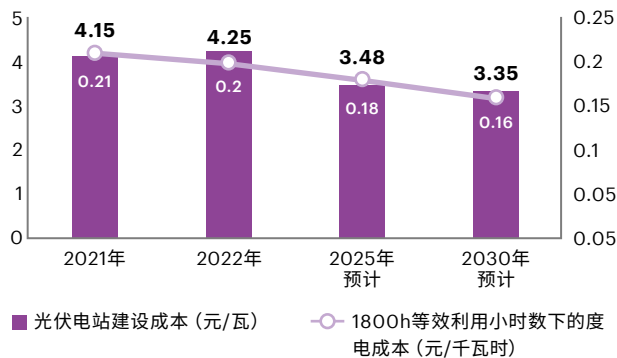


数据来源：中国政府网站、埃森哲分析。

## 技术演进与产业规模化发展，度电成本水平持续降低

随着光伏技术关键领域研发水平的提升和规模化应用，中国光伏发电成本仍有一定下降空间。预计到2030年，光伏电站建设成本将降至约3.35元/瓦，当光伏利用小时数为1800h，基本能够实现0.16元/千瓦时的度电成本。<sup>7</sup>

图五 2021年—2030年集中式光伏电站建设成本与1800h等效利用小时数下度电成本预测



数据来源：中国光伏行业协会《中国光伏产业发展路线图（2022-2023年）》。

## 光伏制造端企业：技术革新，加强出海

随着全球光伏产业快速规模化发展，在抓住机遇的同时，中国光伏行业也面临着激烈的市场竞争，光伏制造端企业需加快技术创新的步伐、加强海外市场布局，坚定赋能国内与国际延伸并举的发展方向。

### 光伏技术多点发力，持续降低平准发电成本 (LCOE) 水平

光伏技术迭代推动降本增效，全产业链将围绕N型技术，持续革新光伏制造科技。

**硅料：**技术壁垒高。改良西门子法将继续作为主流多晶硅生产技术路线，流化床法作为第二技术路线成本优势突出，但仍需进一步提升颗粒硅生产工艺品质。

**硅片：**重在成本控制。单晶产品将继续作为应用主流，推动硅片向“大尺寸+薄片化”方向发展。

**电池片：**新一代N型电池技术研发百花齐放。TOPCon电池量产性价比较高、与主流产线升级适配度强，已逐步成为头部企业选择的下一代电池技术主流路线。HJT电池目前投产较少，但未来如能解决大

规模量产的成本问题，其所具备的良率和平均转换效率等优势将充分显现。钙钛矿薄膜电池发展前景广阔，但仍需解决稳定与环保性差和大面积制备困难等相关问题。

**组件：**需求多样化。随着全球低碳经济可持续发展的推进，更多、更广泛的“光伏+”应用模式将不断涌现，通过对电池片与组件制造环节进行联合技术创新，进一步丰富光伏生态体系。

### 光伏制造端企业出海，高速发展的市场与不确定性风险并存

全球光伏产业链高度集中于中国。中国是最主要的光伏出口国家，以光伏组件为主。受国际关系与欧洲能源危机影响，2022年中国光伏产品出口额突破500亿美元，光伏组件、单晶硅片、逆变器等主要光伏产品出口同比增长均超过80%，其中欧洲市场同比增长114.9%，约占出口总额46%。<sup>8</sup> 2023年1—6月，光伏产品出口增长幅度仍然保持高水平，出口总额达到289.2亿美元，同比增长11.6%。

7. 中国光伏行业协会（CPIA），中国光伏产业发展路线图（2022-2023年）。

8. 中国光伏行业协会（CPIA），工业和信息化部官网，公开资料整理，埃森哲分析。

在碳中和背景下，全球各国可再生能源发电需求旺盛，未来市场潜力巨大。在既定政策及已宣布方案两种情境下，2030年欧洲太阳能光伏发电占比将从2021年的5%提升至12%~13%，美国紧随其后，将从2021年的3%提高至14%~18%，印度预计光伏发电占比将达16%~17%。<sup>9</sup>但同时，随着各国对本国光伏产业支持性政策的不断出台及加大对华贸易壁垒，长远来看，中国光伏企业出海仍然面临较大挑战，需要不断强化竞争力，提前战略布局。埃森哲建议：

首先，受地缘政治等因素影响，制造端光伏企业需要特别关注与强化业务连续性管理能力、优化业务布局，敏锐捕捉全球政策环境的变化，积极开展国际经贸法律风险和合规评估，有效规避各类潜在风险。

其次，坚持光伏制造端技术科技创新牵引，加快开辟新领域、新赛道，培育光伏制造竞争新优势，占据价值链高端，同时积极拓展、深化与全球产业伙伴的合作，巩固和保持世界级光伏产业集群的优势。

同时，积极构建全球化管理体系，建立自上而下、步调统一的全球化战略，打造符合国际化经营惯例的运营模式与配套管理体系，构建强有力的生态战略，以整合的全球范围的信息化/数字化作为重要支撑，实现国际化业务的盈利、增长、可持续的目标。

## 光伏应用端企业：多元探索，融智于光

基于当前光伏产业链发展面临的挑战，针对光伏应用端企业，埃森哲从光伏战略布局、商业模式、项目规划、电站建设与资产运营全流程，提出了光伏应用端企业赋能策略。

图六 光伏应用端企业端到端赋能策略



9. 国际能源署（IEA）。

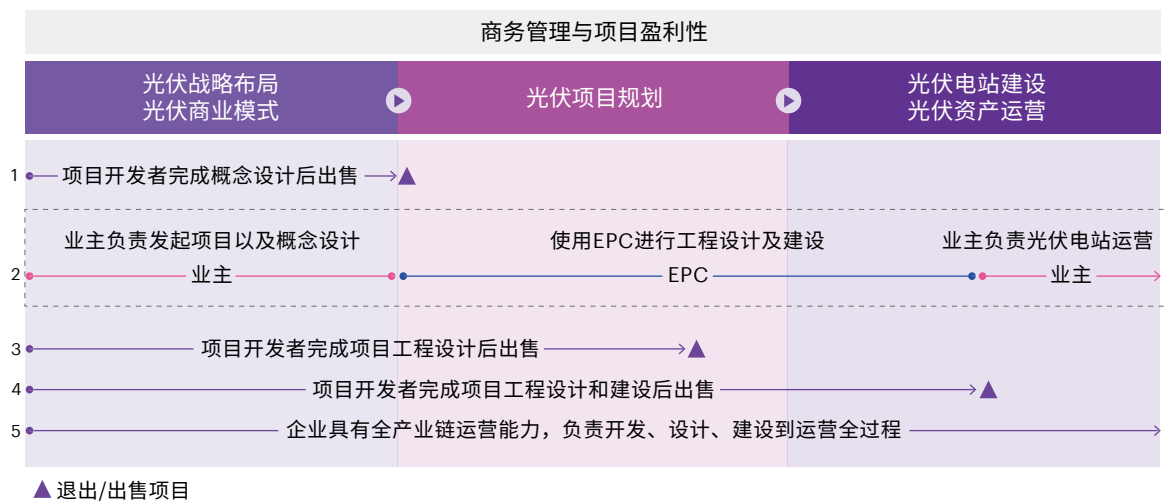


## 商业模式多元化探索, 拓宽运营边界

光伏准入门槛相对较低, 因此与风能等其他技术相比, 参与企业和运营模式更加多元化。参与者可以参与光伏价值链上任何活动, 并且经常以不同的组合参与, 因此需要对市场和项目属性进行充分的技术能力、经济性等评估, 选择适配的运营模式, 达成最佳运营效率与效果。

同时, 随着碳中和进程的持续推进, “光伏+交通”“光伏+农业”“光伏+环境治理”等多种“光伏+”商业模式不断涌现。2019年发布的《产业结构调整目录》即提出把太阳能建筑一体化的设计制造作为重点产业结构调整目录来推广。近年来, 光伏与不同行业的跨界融合趋势越发凸显, 光伏企业通过新商业模式的拓展, 不断挖掘新的利润增长点。

图七 多元化光伏运营模式



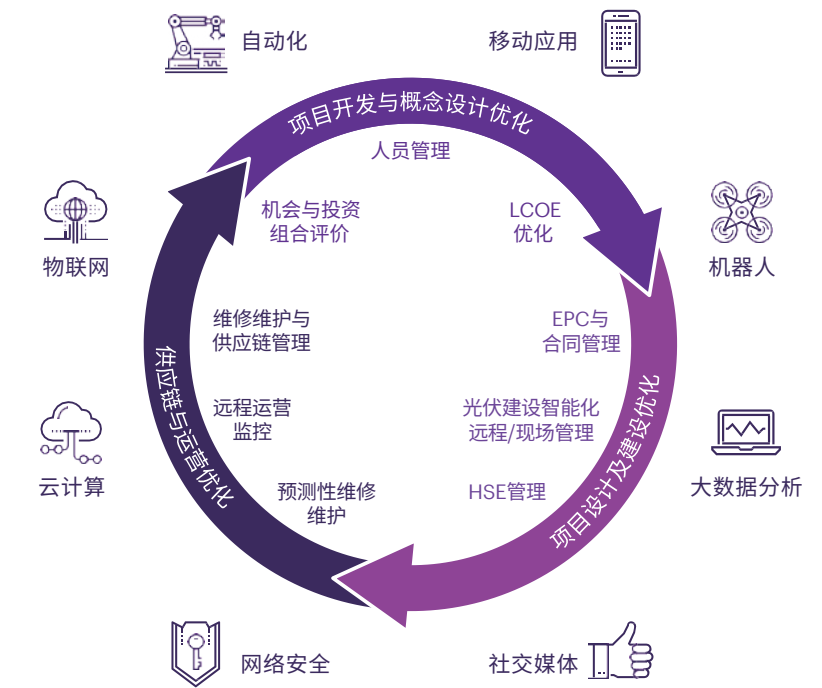
### 数字化赋能端到端场景，提升精益化管理水平

为全面实现精益化管理，光伏应用端项目需从最初概念设计（包括LCOE估算），光伏电站规划、建设、运营、直到退役进行端到端全流程跟踪。端到端场景需要同时关注项目/资产的生命周期内跟踪、项目/资产的LCOE以及运营，管理文件材料、资

产移交，并跟踪不同项目利益相关者之间的劳动生产力水平和衔接情况。

在上述情境下，数字化将成为强有力的支撑手段，应用物联网、机器人、自动化、移动应用、云计算等不同技术，在不同环节持续细化管理颗粒度、提升管理能力与效率，助力光伏项目建设全过程可视、可控，实现光伏电站智能化运维提质增效。

图八 光伏项目端到端数字化赋能



总体来看，目前中国光伏产业链在全球范围内具备显著的竞争优势，但受地缘政治及贸易摩擦影响，光伏制造端及应用端企业均仍需要积极探索新型商业模式，持续投资技术研发与创新、储备与强化面向未来的技术竞争力，全面构建数字化驱动的卓越内部运营、卓越客户体验管理能力，多渠道、多维度丰富光伏相关专业人才储备，系统规划与建设可复制的全球化运营管理体系，强化业务连续性管理能力以提升国际化经营风险管理水平与经营韧性，在实现盈利、增长、可持续经营目标的同时为全球能源转型贡献中国力量。

作者

**赵津媛**  
埃森哲大中华区战略与咨询能源与化工行业经理

**马志贤**  
埃森哲大中华区战略与咨询能源与化工行业顾问

**赵晋荣**  
埃森哲大中华区战略与咨询董事总经理

# 关于埃森哲

埃森哲公司注册于爱尔兰，是一家全球领先的专业服务公司，帮助企业、政府和各界组织构建数字化核心能力、优化运营、加速营收增长、提升社会服务水平，更快且更规模化地创造切实价值。埃森哲是《财富》世界500强企业之一，坚持卓越人才和创新引领，目前拥有约73.3万名员工，服务于120多个国家的客户。我们是技术引领变革的全球领军者之一，拥有强大的生态协作网络。凭借在云、数据和人工智能方面深厚的行业经验、独特的专业技能，以及翘楚全球的卓越技术中心和智能运营中心，我们独树一帜地为客户提供战略&咨询、技术服务、智能运营、工业X和Accenture Song等全方位服务和解决方案，为客户创造切实价值。埃森哲致力于通过卓越的服务能力、共享成功的文化，以及为客户创造360°价值的使命，帮助客户实现重塑并建立长久信任。埃森哲同样以360°价值衡量自身，为我们的客户、员工、股东、合作伙伴与整个社会创造美好未来。

埃森哲在中国市场开展业务36年，员工队伍分布于北京、上海、大连、成都、广州、深圳、杭州、香港和台北等多个城市。作为可信赖的数字化转型卓越伙伴，我们正在更创新地参与商业和技术生态圈的建设，帮助中国企业和政府把握数字化力量，通过制定战略、优化流程、集成系统、部署云计算等实现转型，提升全球竞争力，从而立足中国、赢在全球。

详细信息，敬请访问埃森哲公司主页 [accenture.cn](http://accenture.cn)。

## 以下是埃森哲在华主要办公室的联系方式：

### 埃森哲（上海）

上海市淮海中路381号  
中环广场30层  
邮编: 200020  
电话: (8621) 2305 3333  
传真: (8621) 6386 9922

### 埃森哲（北京）

北京市朝阳区东三环中路1号  
环球金融中心西楼21层  
邮编: 100020  
电话: (8610) 8595 8700  
传真: (8610) 6563 0739

### 埃森哲（大连）

大连市软件园东路44号  
邮编:116023  
电话: (86411) 8214 7800  
传真: (86411) 8498 3100

### 埃森哲（广州）

广州天河区天河北路898号  
信源大厦13-14层  
邮编: 510898  
电话: (8620) 3818 3333

### 埃森哲（成都）

成都高新区天府大道中段1366号  
天府软件园E5,9-10层  
邮编: 610041  
电话: (8628) 6555 5000  
传真: (8628) 6555 5288

### 埃森哲（深圳）

深圳市福田区华富路1018号  
中航中心15楼06B-08  
邮编: 518031  
电话: (86755) 8270 5268

### 埃森哲（杭州）

杭州市滨江区西兴街道阡陌路  
459号B楼1301-1304室  
邮编: 310051  
电话: (86571) 2883 4534

### 埃森哲（香港）

香港鲗鱼涌华兰路18号太古坊港岛  
东中心2楼  
电话: (852) 2249 2100/2388  
传真: (852) 2489 0830

### 埃森哲（台北）

台北市敦化南路2段207号  
远东大厦16层  
电话: (8862) 8722 0151  
传真: (8862) 8722 0152

本报告引用了归第三方所有的商标。所有这些第三方商标分属其各自的所有权人。相关内容没有任何明示、暗示或表示得到了该商标持有人的赞助、认可或批准。本报告内容仅作为通用参考信息，并非用以替代埃森哲专业顾问的咨询意见。

© 2023埃森哲版权所有。  
埃森哲及其标识均为埃森哲公司的商标。

## 敬请关注



埃森哲官方微信



埃森哲官方微博



《展望》微信小程序

## 业务联系

---

### 王斐

埃森哲大中华区董事总经理、  
能源与化工行业主管  
[philip.f.wang@accenture.com](mailto:philip.f.wang@accenture.com)

### 吴杉杉 博士

埃森哲大中华区高科技与能源化工行业战略  
与咨询董事总经理，能源与化工行业主管  
[shanshan.wu@accenture.com](mailto:shanshan.wu@accenture.com)



# 新 能 源