



# 2023年 中国质子交换膜行业概览

## Overview of China's Proton Exchange Membrane Industry

### 中国陽子交換膜業界 (摘要版)

报告标签：制氢、燃料电池、液流电池  
撰写人：吴子坤

报告提供的任何内容（包括但不限于数据、文字、图表、图像等）均系头豹研究院独有的高度机密性文件（在报告中另行标明出处者除外）。未经头豹研究院事先书面许可，任何人不得以任何方式擅自复制、再造、传播、出版、引用、改编、汇编本报告内容，若有违反上述约定的行为发生，头豹研究院保留采取法律措施、追究相关人员责任的权利。头豹研究院开展的所有商业活动均使用“头豹研究院”或“头豹”的商号、商标，头豹研究院无任何前述名称之外的其他分支机构，也未授权或聘用其他任何第三方代表头豹研究院开展商业活动。

## 报告要点速览

近年来，随着燃料电池、液流电池等新能源技术的发展，质子交换膜成为新能源领域的关键材料，广泛应用于电解水制氢、燃料电池以及全钒液流电池等领域，受到广泛关注，本篇报告主要回答质子交换膜领域近期关注的问题，主要涉及：

1) 行业的定义与分类？

2) 行业的应用？

## 观点提炼

### 定义与分类

- 质子交换膜（Proton Exchange Membrane），PEM，也叫质子膜或者氢离子交换膜，是一种致密的离子选择性透过的膜，最早应用于海水淡化与氯碱工业，近年来，随着燃料电池、液流电池等新能源技术的发展，质子交换膜成为新能源领域的关键材料，广泛应用于电解水制氢、燃料电池以及全钒液流电池等领域。目前市面上主要使用的是全氟磺酸质子交换膜：其主链主要是由高度疏水的碳氟骨架构成，而亲水磺酸基则分布在侧链上，这些基团容易聚在一起形成若干富离子区域，富离子区域彼此相连形成有利于质子传递的通道，从而形成较高的质子导电能力。而由于主链的碳氟结构，使得膜具有优异的化学稳定性、水稳定性和较高的机械稳定性

### 行业应用情况

**制氢：**预计随着技术不断成熟，质子交换膜将成为下一代制氢主要工艺，其中PEM电解具有无污染、提供更宽的负载范围和更短的响应启动时间的优势，且与水电、风电、光伏具有良好的匹配性，最适合未来能源结构的发展

**燃料电池：**相比全球，亚洲的燃料电池出货占比更高，其中以中日为代表。氢燃料电池中膜质子交换膜不仅防止电池阴阳极接触，避免两极燃料直接反应，确保能源利用率

**液流电池：**液流电池优势突出，在储能方面有望成为锂电池的替代品。虽然现阶段液流电池仅占电池市场的5%左右，但其具有容量高、使用领域广、循环使用寿命长、电解液可循环利用、生命周期性价比高、环境友好等优势

## 定义及分类

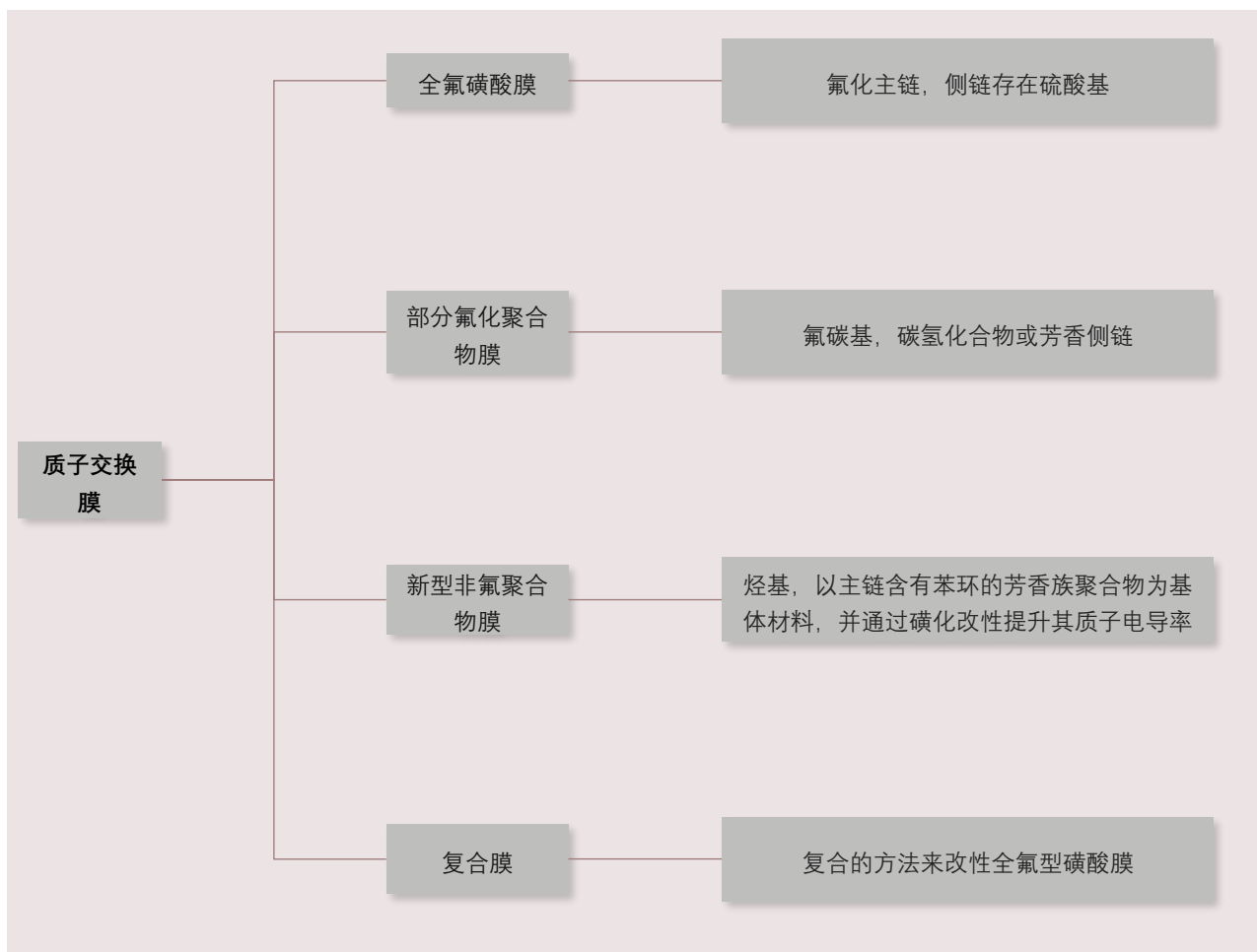
- 近年来，随着燃料电池、液流电池等新能源技术的发展，质子交换膜成为新能源领域的关键材料，广泛应用于电解水制氢、燃料电池以及全钒液流电池等领域

### 定义及分类

#### 定义

- 质子交换膜（Proton Exchange Membrane, PEM），也叫质子膜或者氢离子交换膜，是一种致密的离子选择性透过的膜，最早应用于海水淡化与氯碱工业，近年来，随着燃料电池、液流电池等新能源技术的发展，质子交换膜成为新能源领域的关键材料，广泛应用于电解水制氢、燃料电池以及全钒液流电池等领域。目前市面上主要使用的是全氟磺酸质子交换膜：其主链主要是由高度疏水的碳氟骨架构成，而亲水磺酸基则分布在侧链上，这些基团容易聚在一起形成若干富离子区域，富离子区域彼此相连形成有利于质子传递的通道，从而形成较高的质子导电能力。而由于主链的碳氟结构，使得膜具有优异的化学稳定性、水稳定性和较高的机械稳定性

#### 分类



来源：头豹研究院

## 应用——制氢（1/3）

- 预计随着技术不断成熟，质子交换膜将成为下一代制氢主要工艺，其中PEM电解具有无污染、提供更宽的负载范围和更短的响应启动时间的优势，且与水电、风电、光伏具有良好的匹配性，最适合未来能源结构的发展

### 电解制氢

#### 电解水制氢方法类比

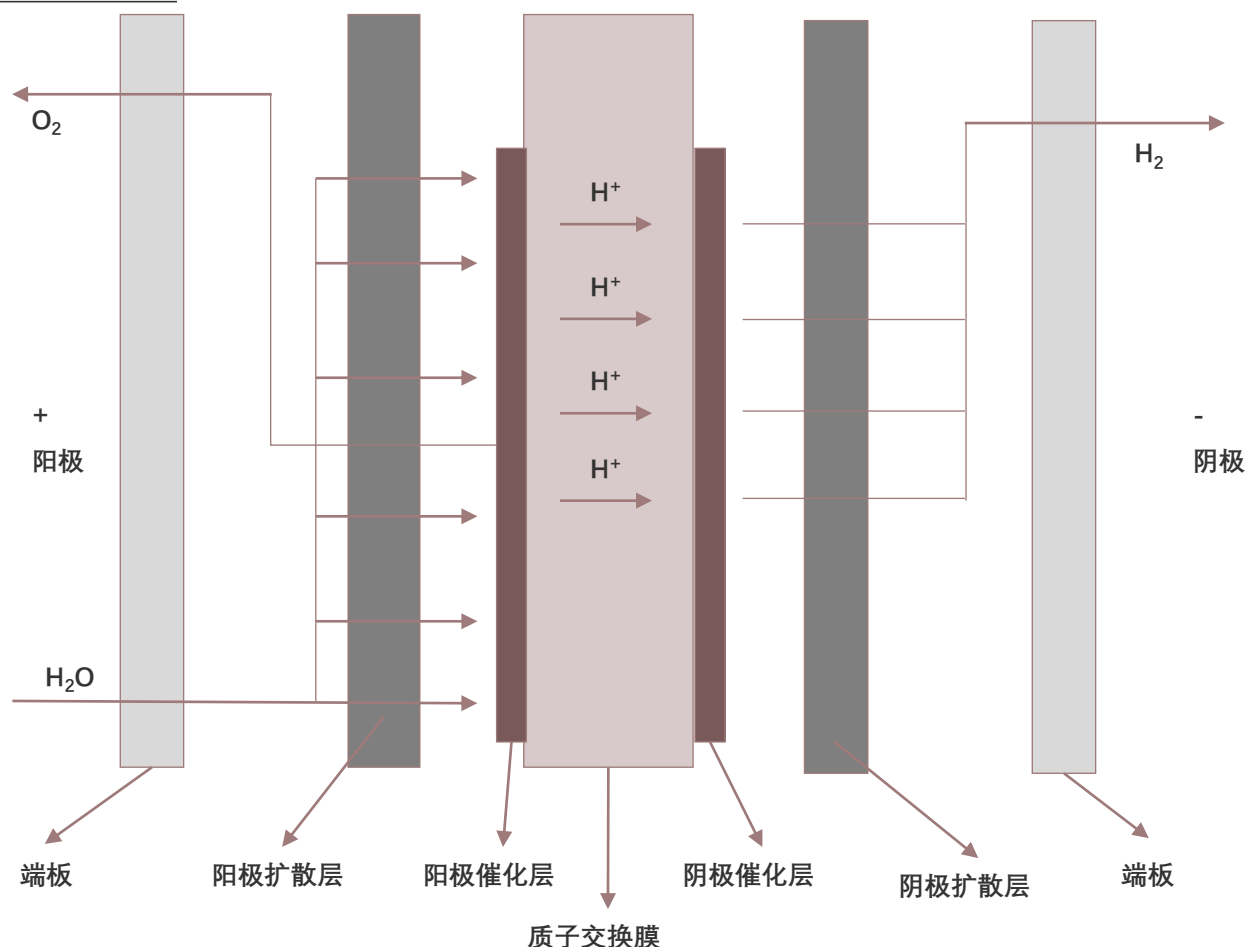
	PEM	ALK	SOE	AEM
	质子交换膜	碱性电解水制氢	固体氧化物	阴离子交换膜
电解质隔膜	质子交换膜	20%-30%KOH 石棉膜	氧化锆	阴离子交换膜和 低浓度碱性溶液
电流强度 (A/cm <sup>2</sup> )	1-2	0.2-0.8	0.3-1	0.2-2
运行温度	50-80	70-90	700-850	40-60
负载范围	5%-120%	15%-100%	30%-125%	5%-100%
启动时间 (热启动-冷启动)	1秒-5分钟	1-10分钟	-	-
能耗 (kWh/Kg H <sub>2</sub> )	47-66	47-66	35-50	51.5-66
电解槽成本 (USD/KW)	400	270	-	-
电解槽寿命 (h)	5,000-8,000	6,000	<20,000	>5,000
环保性	无污染	有腐蚀液体	-	无污染
技术成熟度	初步商业化	充分产业化	初期示范	实验室阶段

目前氢气主要通过传统化石能源、工业副产和电解水三种方式制取。其中利用可再生能源电解制氢，由于所用电力来自水风光等清洁能源，因此全流程碳排放最少。目前中国主要由煤制氢和天然气制氢为主要工艺，由于两者工艺成熟、应用规模大，目前具有较低生产成本。而可再生能源电解制氢技术，由于所用电力来自水风光等清洁能源，因此全流程碳排放最少，预计随着技术不断成熟，将成为下一代制氢主要工艺，其中PEM电解具有无污染、提供更宽的负载范围和更短的响应启动时间的优势，且与水电、风电、光伏具有良好的匹配性，最适合未来能源结构的发展

来源：头豹研究院

(接上表)

PEM水电解组成



■ PEM水电解槽主要内部组件由内到外依次是质子交换膜、阴阳极催化层、阴阳极气体扩散层、阴阳极端板等。其中质子交换膜、催化层与扩散层组成膜电极，是整个水电解槽物料传输以及电化学反应的主场所。作为水电解槽膜电极的核心组件，质子交换膜不仅负责传导质子，隔离氢气和氧气，而且还为催化剂提供支撑，其性能的好坏直接决定水电解槽的性能和使用寿命，因此在整个设备中至关重要

■ 目前水电解制氢所用质子交换膜多为全氟磺酸膜，目前长期被美国和日本企业垄断，如科慕Nafion™系列膜、陶氏XUS-B204膜、旭硝子Flemion®膜、旭化成Aciplex®-S膜等。其中科慕Nafion™系列膜是目前电解制氢选用最多的质子交换膜，目前全球重点研究方向为改性全氟磺酸质子交换膜、有机/无机纳米复合质子交换膜和无氟质子交换膜，预计选用聚芳醚酮和聚砜等廉价材料制备无氟质子交换膜在技术攻克后，将成为主要发展趋势

来源：头豹研究院

## 应用——燃料电池 (2/3)

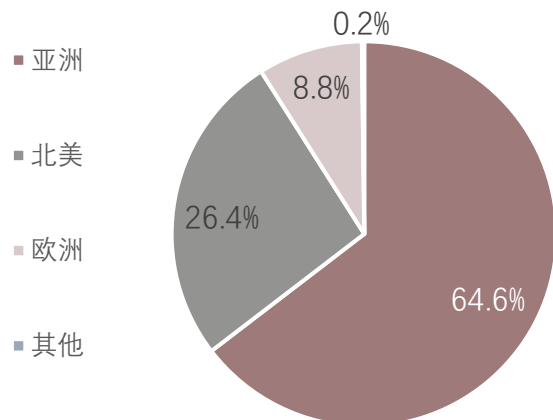
- 质子交换膜防止氢燃料电池阴阳极接触，避免两极燃料直接反应，可确保能源利用率，是燃料电池的重要组成部分。相比全球，亚洲的燃料电池出货占比更高，尤其是中国市场需求更甚，商业模式更加成熟，给相关企业发展提供土壤

### 氢燃料电池

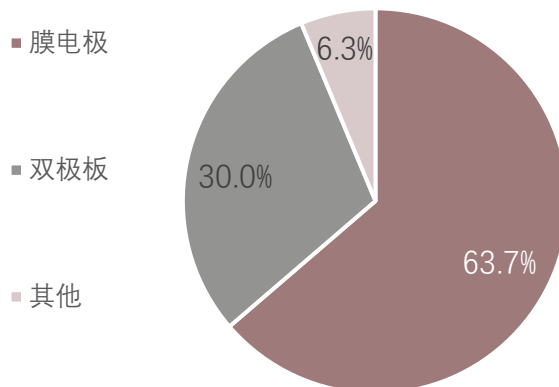
中国氢燃料电池出货量（兆瓦），2017-2022年



燃料电池出货占比，2022年



氢燃料电池电堆成本占比，2022年



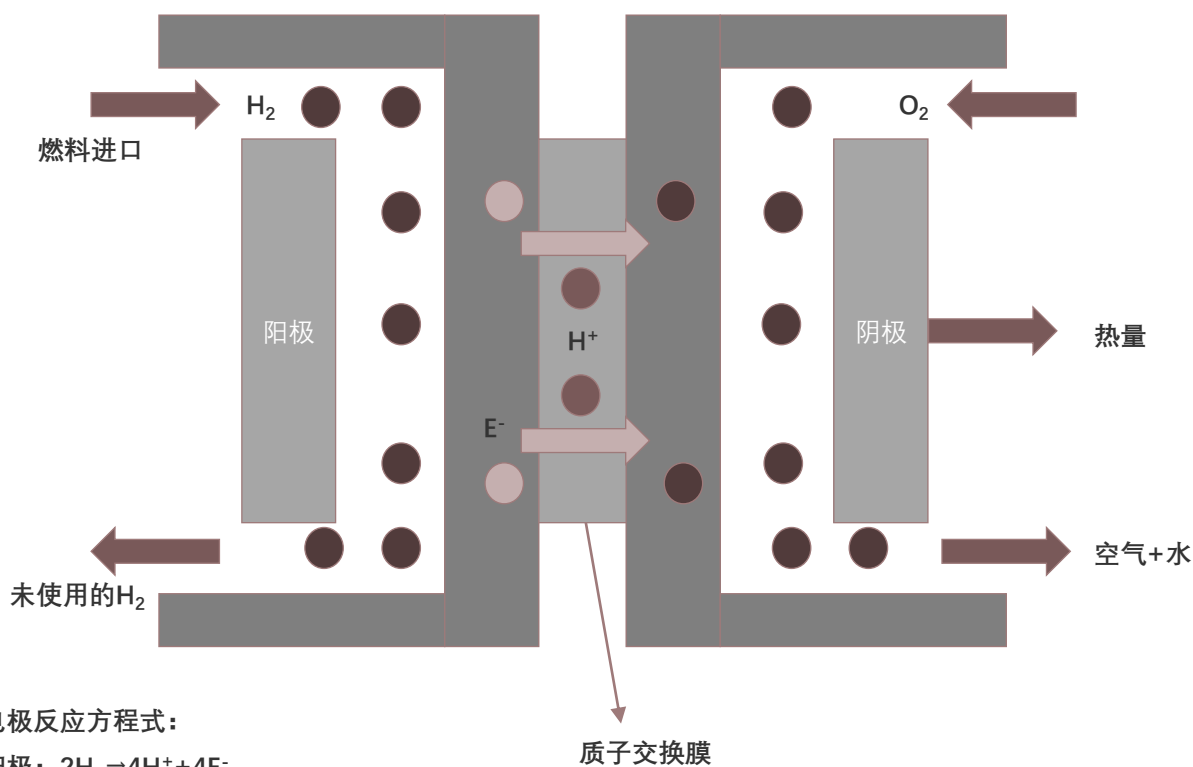
■ 氢燃料电池中膜质子交换膜起到防止电池阴阳极接触，避免两极燃料直接反应的作用，可确保能源利用率，因此质子交换膜是氢燃料电池产业的重要组成部分，质子交换膜约占电堆总成本的30%。

■ 相比全球，亚洲的燃料电池出货占比更高，其中以中日为代表，亚洲市场对于其需求度相较欧美更大，商业模式更加成熟。随着氢燃料电池汽车示范城市群的建立，中国氢燃料电池产业迎来了一个快速增长期。2017年至2022年得益于中国氢燃料电池汽车销量的快速增长，中国氢燃料电池电堆出货量由50兆瓦迅速增至1,044兆瓦。在此增量情况下，质子交换膜的市场将不断增长，相比其他氢燃料电池市场，中国质子交换膜企业将具备更良好的发展土壤。

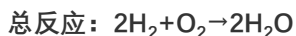
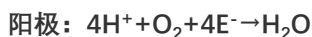
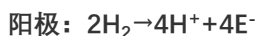
来源：深圳市电子商会、头豹研究院

(接上表)

### 质子交换膜在燃料电池作用



电极反应方程式：



- 目前市场上的氢燃料电池汽车以质子交换膜类燃料电池为主，而质子交换膜同样也是质子交换膜燃料电池（PEMFC）核心组成之一，在燃料电池内部发挥重要作用
- 质子交换膜不仅防止电池阴阳极接触，避免两极燃料直接反应，确保能源利用率
- 传输氢离子，高质子电导率的PEM是电池效率的保证
- 质子膜通过氢离子的本质是只允许水合质子（ $\text{H}_3\text{O}^+$ ）穿过，水合质子同质子交换膜中的磺酸基结合，然后从一个磺酸基到另一个磺酸基，最终到达另一边。电子以及阴离子都过不去，确保电子从外电路传输，达到形成电流的目的

来源：头豹研究院

## 应用——液流电池 (3/3)

- 钒电池电能以化学能的方式存储在不同价态钒离子的硫酸电解液中，其优势突出，在储能方面有望成为锂电池的替代品，液流电池采用质子交换膜作为电池组的隔膜，随着其技术的不断成熟质子交换膜也将引来有力增长点

### 液流电池

#### 主流储能电池性能对比

性能指标	钒电池	锂电池	钠硫电池	铅酸电池
工作温度/°C	0~45	-30~60	300~360	-5~40
比能量/(Wh/kg)	12~40	80~300	150~300	40~80
比功率/(W/kg)	120~150	>1,500	150~230	150~500
效率/%	~85	~95	~90	72~78
循环寿命/次	15~20年, >10,000	5~15年, 2,000~10,000	12~20年, 1,500~2,500	5~15年, 500~1,000
每月自放电率/%	1	1	2	2~5
放电速率/C	3	5~10	5	1~3
充电速率/C	1	0.25~1	1	0.4
投资成本/(元/kWh)	2,500~3,900	800~2,400	~2,200	800~1,300
应用等级 (功率、时间)	几kW~几百MW; 放电时间几s~几h 可以更长	几kW~几百MW; 放电 时间几s~几h	几kW~几百MW; 放电时间几s~十 几h	几MW~几百MW; 放电时间几min~ 几h

■ 液流电池是指由电堆（包含电极和离子交换膜）、电解液存储供给单元以及电池管理控制单元组成的电池类型，与其他电池最主要的区别在于电解液的储存方式。目前较为先进、被广泛商用的主要是钒电池

■ 钒电池电能以化学能的方式存储在不同价态钒离子的硫酸电解液中，通过外接泵把电解液压入电池堆体内，使其在不同的储液罐和半电池的闭合回路中循环流动，采用质子交换膜作为电池组的隔膜。电解质溶液平行流过电极表面并发生电化学反应，通过双电极板收集和传导电流，从而使得储存在溶液中的化学能转换成电能

来源：CNESA、头豹研究院





未完待续

更多行业相关报告正在  
进行中

若您期待尽快看到相关系列报告  
或对相关系列报告的内容有独到  
见解，头豹欢迎您加入到此篇报  
告的研究中。相关咨询，欢迎联  
系头豹研究院汽车行业研究团队

Sharlin.chen@frostchina.com

## 完整版研究报告阅读渠道：

登录[www.leadleo.com](http://www.leadleo.com)，搜索《2023年中国质子交换膜行业概览》

了解其他新能源、自动驾驶系列课题，  
登陆头豹研究院官网搜索查阅：

- 2022中国商业航天行业概览
- 2021年中国遥感卫星行业概览
- 2021年中国卫星导航行业概览
- 2022年自动驾驶场景投资价值分析系列研究报告（八）：自动驾驶场景投资价值综合分析
- 2021年中国整车控制器行业概览：集成化、域控制化发展

## 头豹研究院简介

- ◆ 头豹是中国领先的原创行企研究内容平台和新型企业服务提供商。围绕“协助企业加速资本价值的挖掘、提升、传播”这一核心目标，头豹打造了一系列产品及解决方案，包括：**报告/数据库服务、行企研报定制服务、微估值及微尽调自动化产品、财务顾问服务、PR及IR服务**，以及其他以企业为基础，利用大数据、区块链和人工智能等技术，围绕产业焦点、热点问题，基于丰富案例和海量数据，通过开放合作的增长咨询服务等
- ◆ 头豹致力于以优质商业资源共享研究平台，汇集各界智慧，推动产业健康、有序、可持续发展



备注：数据截止2022.6

### 四大核心服务

#### 企业服务

为企业提供**定制化报告服务、管理咨询、战略调整**等服务

#### 行业排名、展会宣传

行业峰会策划、**奖项评选、行业白皮书**等服务

#### 云研究院服务

提供**行业分析师外派驻场服务**，平台数据库、报告库及内部研究团队提供技术支持服务

#### 园区规划、产业规划

地方**产业规划**，**园区企业孵化**服务