华安证券
HUAAN SECURITIES

证券研究报告

政策+技术双轮驱动，CCUS产业大有可为

2023年12月27日

华安机械 张帆 S0010522070003

华安证券
HUAAN SECURITIES

目录

1 概述：CCUS排碳潜力巨大，国内外市场需求加速增加

2 发展现状：国内CCUS各环节技术发展不均衡，项目成本有待降低

3 产业机遇：政策规划加持产业发展，中美合作未来可期

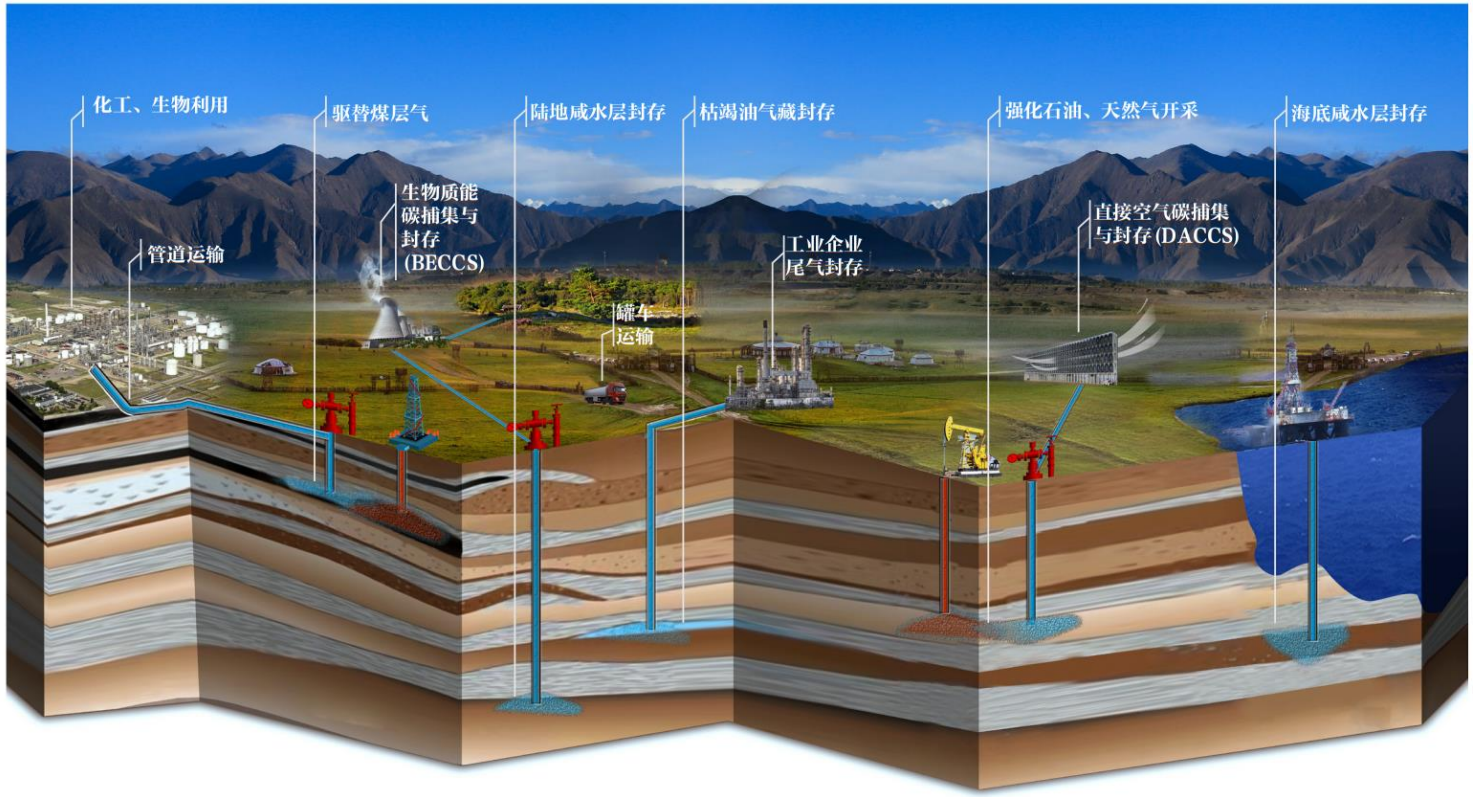
4 通用设备：吸收和再生系统设备投资较高，压缩机是压缩、液化、升压的核心设备

5 投资建议：国内厂商积极布局CCUS，未来有望打开新成长极

1.1 CCUS概述

➢二氧化碳（CO2）捕集利用与封存 (CCUS) 是指将 CO2 从 工业过程、能源利用或大气中分离出来，直接加以利用或注入地层以实现 CO2 永久减排的过程 。

图1： CCUS 技术及主要类型示意图



资料来源：《中国二氧化碳捕集利用与封存(CCUS) 年度报告(2021)》,华安证券研究所

1.2 CCUS技术体系与分类

➢**CCUS技术体系涵盖CO2捕集技术、运输技术、利用技术以及地质封存技术。**

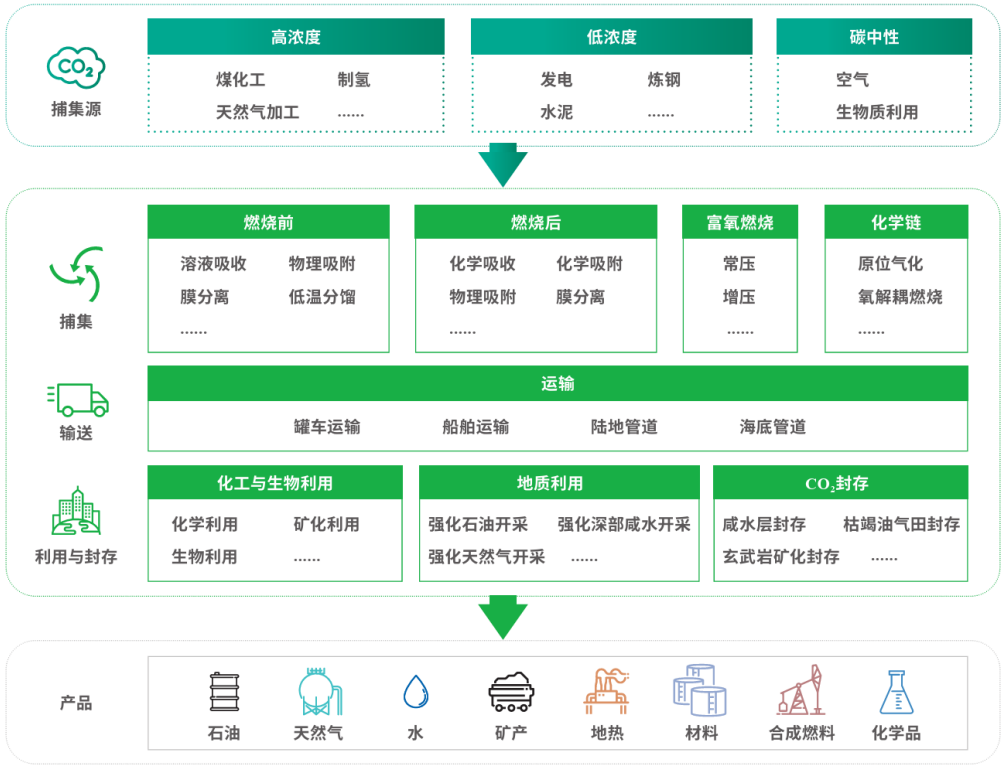
✓**CO2捕集技术**正在由第一代向第二代过渡，第三代技术也开始崭露头角。第一代捕集技术是指现阶段已完成工程示范并投入商业运行的技术，如传统的燃烧后化学吸收技术、燃烧前物理吸收技术等。第二代捕集技术是指能够在2025年进行商业部署的捕集技术，如基于新型吸收剂的化学吸收技术、化学吸附技术等。第三代捕集技术又称变革性技术，是指能够在2035年开始投入商业运行的技术，如化学链燃烧技术等。

✓**CO2运输技术**正由传统的罐车和船舶运输向陆上管道和海底管道运输发展 。中国CO2输送管道在输量、管径、距离等方面呈现规模化趋势，管输规模突破百万吨，管输压力迈入超临界范围，管输经济优势日渐明显。

✓**CO2利用技术**正在由较早的CO2地质利用实现能源资源增采，如CO2强化石油开采（CO2-EOR）、强化 煤层气开采（CO2-ECBM）等，向 CO2化工利用和生物利用拓展，逐步实现高附加值化学品合成、生物产品转化等绿色碳源利用方式。

✓**CO2封存技术**按照地质封存体的不同，可分为陆上咸水层封存、海上咸水层封存、枯竭油气田封存等。近年来，中国部分企业开始探索离岸封存的可行性，为未来沿海地区CO2大规模封存探路。

图2： CCUS 技术体系



资料来源：《中国二氧化碳捕集利用与封存 (CCUS) 年度报告 (2023)》，华安证券研究所

1.2 CCUS技术体系与分类

- **化石能源+CCUS（FECCS）：** 将二氧化碳从工业排放源中分离后运输至特定地点加以利用或封存。
- **生物质+CCUS（BECCS）：** 从生物质利用过程中捕集二氧化碳运输至特定地点加以利用或封存。
- **直接空气捕集（DACCS）：** 从空气中直接捕集二氧化碳运输至特定地点加以利用或封存。

图3： CCUS 技术分类

化学吸收： 一种基于胺的先进分离技术，用于从工艺烟气中分离二氧化碳。主要用于发电厂、燃料转化和工业生产中的小型和大型项目。

物理吸收法： 使用以聚乙二醇二甲醚法(Selexol)或低温甲醇洗法(Rectisol)为主的液体溶剂将二氧化碳从工艺气体中分离出来；这种方法用于天然气加工、乙醇、甲醇和氢气生产。

物理吸附： 是一种利用活性炭、氧化铝、金属氧化物或沸石等固体吸附材料的分离技术。吸附后，通过变温吸附或变压吸附释放二氧化碳。

纯氧燃烧： 在这种技术中，煤、天然气和生物质使用纯氧燃烧，烟道中会排放出高浓度的二氧化碳。排放的二氧化碳可通过脱水的方式捕集，从而去除水蒸气，获得高纯度的二氧化碳流。

钙循环： 该技术使用两个反应器在高温下捕集二氧化碳。在第一个反应器中，石灰被用来吸附和捕集烟气中的二氧化碳，形成碳酸钙。然后碳酸钙被转移到第二个反应器中，再生出石灰，纯净的二氧化碳流被压缩并输送以备进一步使用。

化学循环： 在此工艺中，使用两个反应器。在第一个反应器中，小颗粒金属和空气中的氧气结合形成金属氧化物。金属氧化物被转移到第二个反应器中，在那里产生浓二氧化碳，使还原型金属再生。

低温分离： 在这种技术中，酸性气体被冷却到非常低的温度，这样二氧化碳就可以液化并分离出来；这种技术需要大量的电力来操作制冷装置。

DACCS： 利用化学或物理过程直接从环境空气中提取二氧化碳。如果捕集后二氧化碳被永久储存，那么它就是一种负排放技术。

膜分离： 这种技术以具有高二氧化碳选择性的聚合物或无机装置（膜）为基础，可让二氧化碳通过，但起到阻隔气体流中其他气体的作用。这种技术在天然气处理中的应用正处于示范阶段。对于合成气和沼气，这种技术已投入商业使用，而对于烟道气，这种技术正在开发之中。

其他： 目前正在测试的其他分离技术，如直接分离、脱水和压缩、阿拉姆（阿拉姆）循环和清洁能源系统 (CES) 循环，也是分析的一部分。技术就绪程度因燃料类型和应用行业而异。

资料来源：国际能源机构(IEA)2021Technology Report on CCUS BY4.0;Frost & Sullivan,华安证券研究所

1.3 CCUS定位与国内外CCUS需求

➢**CCUS是目前实现化石能源低碳化利用的唯一技术选择。**中国能源系统规模庞大、需求多样，从兼顾实现碳中和目标和保障能源安全的角度考虑，未来应积极构建以高比例可再生能源为主导，核能、化石能源等多元互补的清洁低碳、安全高效的现代能源体系。根据国家统计局数据，2022年煤炭消费量占能源消费总量的56.2%，比2021上升0.3个百分点。中国石油集团国家高端智库预测，预计到2030年，我国煤炭能源占比仍为42%。CCUS将是实现该部分化石能源近零排放的唯一技术选择。

➢**CCUS是碳中和目标下保持电力系统灵活性的主要技术手段。**碳中和目标要求电力系统提前实现净零排放，大幅提高非化石电力比例，必将导致电力系统在供给端和消费端不确定性的显著增大，影响电力系统的安全稳定。充分考虑电力系统实现快速减排并保证灵活性、可靠性等多重需求，火电加装CCUS是具有竞争力的重要技术手段，可实现近零碳排放，提供稳定清洁低碳电力，平衡可再生能源发电的波动性，并在避免季节性或长期性的电力短缺方面发挥惯性支撑和频率控制等重要作用。

➢**CCUS是钢铁水泥等难以减排行业低碳转型的可行技术选择。**国际能源署(IEA)发布2020年钢铁行业技术路线图，预计到2050年，钢铁行业通过采取工艺改进、效率提升、能源和原料替代等常规减排方案后，仍将剩余34%的碳排放量，即使氢直接还原铁(DRI)技术取得重大突破，剩余碳排放量也超过8%。水泥行业通过采取其他常规减排方案后，仍将剩余48%的碳排放量。CCUS是钢铁、水泥等难以减排行业实现净零排放为数不多的可行技术选择之一。

➢**CCUS与新能源耦合的负排放技术是实现碳中和目标的重要技术保障。**预计到2060年，中国仍有数亿吨非CO2温室气体及部分电力、工业排放的CO2难以实现减排，BECCS 及其他负排放技术可中和该部分温室气体排放，推动温室气体净零排放，为实现碳中和目标提供重要支撑。

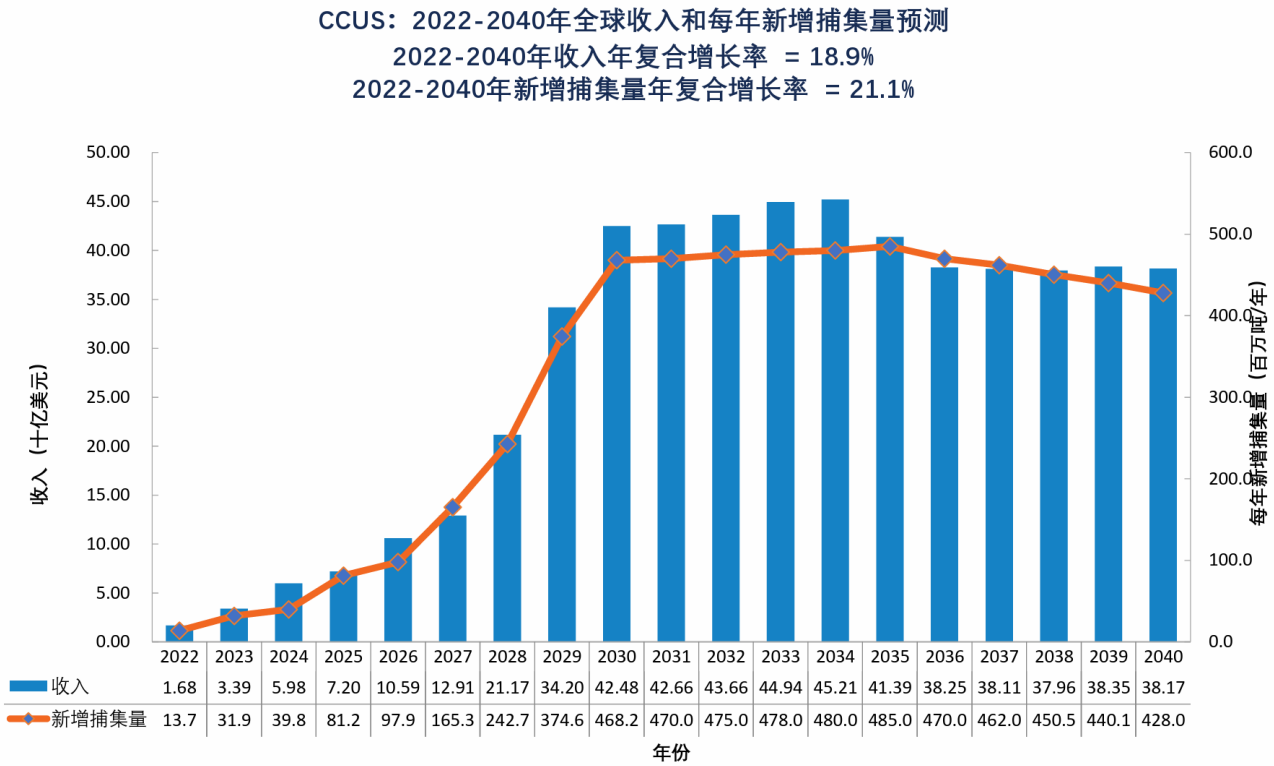
1.3 CCUS定位与国内外CCUS需求

➢全球市场来看，根据沙利文测算：

✓**CCUS新增捕集量方面：**预计2022年至2040年期间，市场将以18.9%的年复合增长率迅猛增长。在2034年达到碳捕集收入峰值452.1亿美元之后，到2040年市场将出现下滑并趋于平稳，这主要是由于捕集成本较低和可用新增捕集量较少。

✓**碳捕集市场收入方面：**2023年，碳捕集市场预计将产生33.9亿美元的收入，到2030年这一数字可能达到424.8亿美元，到2040年可能达到381.7亿美元。

图4：全球碳捕集市场收入与CCUS新增捕集量预测



	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
收入	1.68	3.39	5.98	7.20	10.59	12.91	21.17	34.20	42.48	42.66	43.66	44.94	45.21	41.39	38.25	38.11	37.96	38.35	38.17
新增捕集量	13.7	31.9	39.8	81.2	97.9	165.3	242.7	374.6	468.2	470.0	475.0	478.0	480.0	485.0	470.0	462.0	450.5	440.1	428.0

资料来源：沙利文《展望2040：全球二氧化碳捕集利用与封存(CCUS)增长机遇》，华安证券研究所

1.3 CCUS定位与国内外CCUS需求

➢全球碳捕集市场收入按终端用户来看，根据沙利文测算：

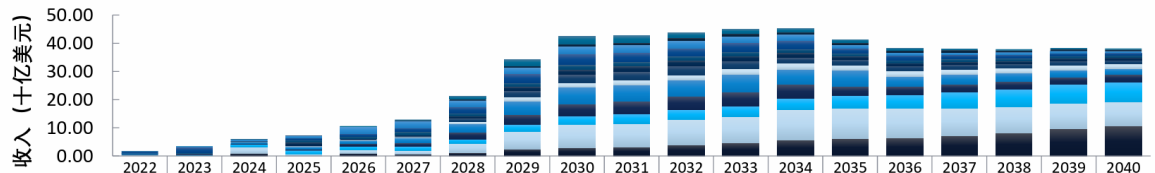
✓**电力行业（煤炭煤粉CCS、天然气联合循环CCS和整体煤气化联合循环CCS）：**碳捕获在电力行业的份额预计将从2022年的9.1亿美元增至2040年的33.4亿美元，年复合增长率为7.5%。碳捕集的收入将在2030年达到峰值，为122.6亿美元，从2031年到2040年开始下降，到2040年将达到33.4亿美元，这主要是美国和欧洲许多燃煤电厂关闭的缘故。

✓**重工业（水泥、钢铁、肥料和化工）：**重工业碳捕集预计将从2022年的2.4亿美元增长到2040年的49.4亿美元，年复合增长率为18.2%。到2032年，市场规模将达到90.7亿美元的峰值，并从2033年到2040年开始下降，这主要是由于捕集成本下降和可用于增加碳捕集能力的工厂减少。其中水泥行业的碳捕集预计将从2022年的1.3亿美元增长到2030年的43亿美元，年复合增长率为36.8%。

✓**制氢：**氢气生产中的碳捕集市场收入预计将从2022年的1.6亿美元增至2040年的70.8亿美元，年复合增长率为23.4%。

✓**BECCS：**BECCS的碳捕集市场预计将从2022年的2.8亿美元增至2040年的85.1亿美元，年复合增长率为20.9%。

图5：全球碳捕集市场收入按终端用户划分



	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
整体煤气化联合循环CCS	0.03	0.02	0.07	0.00	0.22	0.25	1.07	2.12	2.65	2.43	1.66	1.38	1.22	1.12	0.71	0.53	0.49	0.45	0.45
垃圾发电CCS	0.00	0.00	0.04	0.03	0.04	0.22	0.49	0.72	0.85	0.89	0.97	1.01	0.87	0.84	0.78	0.75	0.66	0.64	0.55
CCUS产业集群	0.01	0.32	0.54	0.73	2.45	2.43	2.10	2.23	2.78	2.69	2.77	2.37	2.14	1.24	1.03	0.93	0.83	0.72	0.66
煤炭加工控制CCS	0.64	2.02	0.13	0.78	0.91	1.33	2.37	3.17	3.80	3.14	2.85	3.23	3.04	1.72	1.65	1.50	1.32	1.03	0.78
氮气处理	0.00	0.26	0.08	0.82	0.84	1.19	0.93	1.32	1.60	1.62	1.44	1.37	1.27	1.15	1.08	1.01	1.00	0.90	0.83
肥料和化学品	0.11	0.03	0.03	1.15	0.28	0.54	0.89	1.39	1.91	2.00	1.96	1.78	1.69	1.02	0.98	0.96	0.93	0.90	0.87
钢铁	0.00	0.00	0.08	0.22	0.26	0.32	1.23	2.38	2.86	2.96	3.20	2.96	2.14	1.98	1.87	1.76	1.65	1.54	1.43
冶炼厂	0.08	0.02	0.11	0.24	0.24	0.26	0.73	1.27	1.69	1.69	1.82	1.95	2.08	1.92	1.90	1.83	1.70	1.61	1.60
天然气联合循环CCS	0.24	0.00	0.53	0.94	1.04	1.80	2.84	4.90	5.81	5.95	5.77	6.28	5.36	5.77	3.55	3.35	2.96	2.50	2.11
水泥	0.13	0.48	0.26	0.34	0.76	1.27	2.53	3.65	4.30	4.41	4.68	4.77	4.95	3.18	2.94	2.82	2.79	2.76	2.64
制氢	0.16	0.24	0.90	1.32	1.50	1.39	1.52	2.25	3.14	3.32	3.72	3.84	4.13	4.52	4.95	5.64	6.07	6.62	7.08
BECCS	0.28	0.00	2.39	0.62	1.16	1.38	3.42	6.30	8.13	8.33	8.77	9.41	10.66	10.86	10.50	9.77	9.41	9.05	8.51
DACCS	0.00	0.00	0.80	0.02	0.90	0.54	1.05	2.48	2.97	3.24	4.05	4.59	5.67	6.08	6.32	7.26	8.15	9.64	10.68

年份

资料来源：沙利文《展望2040：全球二氧化碳捕集利用与封存(CCUS)增长机遇》，华安证券研究所

1.3 CCUS定位与国内外CCUS需求

✓**石油和天然气：**石油和天然气行业的碳捕集市场预计将从2022年的8230万美元增至2040年的24.3亿美元，年复合增长率为20.7%。

✓**CCUS产业集群：**CCUS产业集群和中心将在加速和部署CCUS项目方面发挥关键作用。虽然这些项目的初始成本可能较高，但从长远来看，市场参与者将能够通过实现规模经济降低成本。根据沙利文预测碳捕集在CCUS产业集群中的市场份额预计将从2023年的3.2亿美元增至2030年的27.8亿美元，然后到2040年降至6.6亿美元。

✓**垃圾发电CCS：**处理排放物垃圾的唯一解决方案是通过部署垃圾发电厂将其转化为能源。根据生物源和非生物源废物的比例，利用CCUS对废物回收厂进行改造，可使其成为零排放或负排放者。垃圾发电的碳捕集市场预计将适度增长，从2024年的0.4亿美元增至2030年的8.5亿美元，到2040年将达到5.5亿美元。

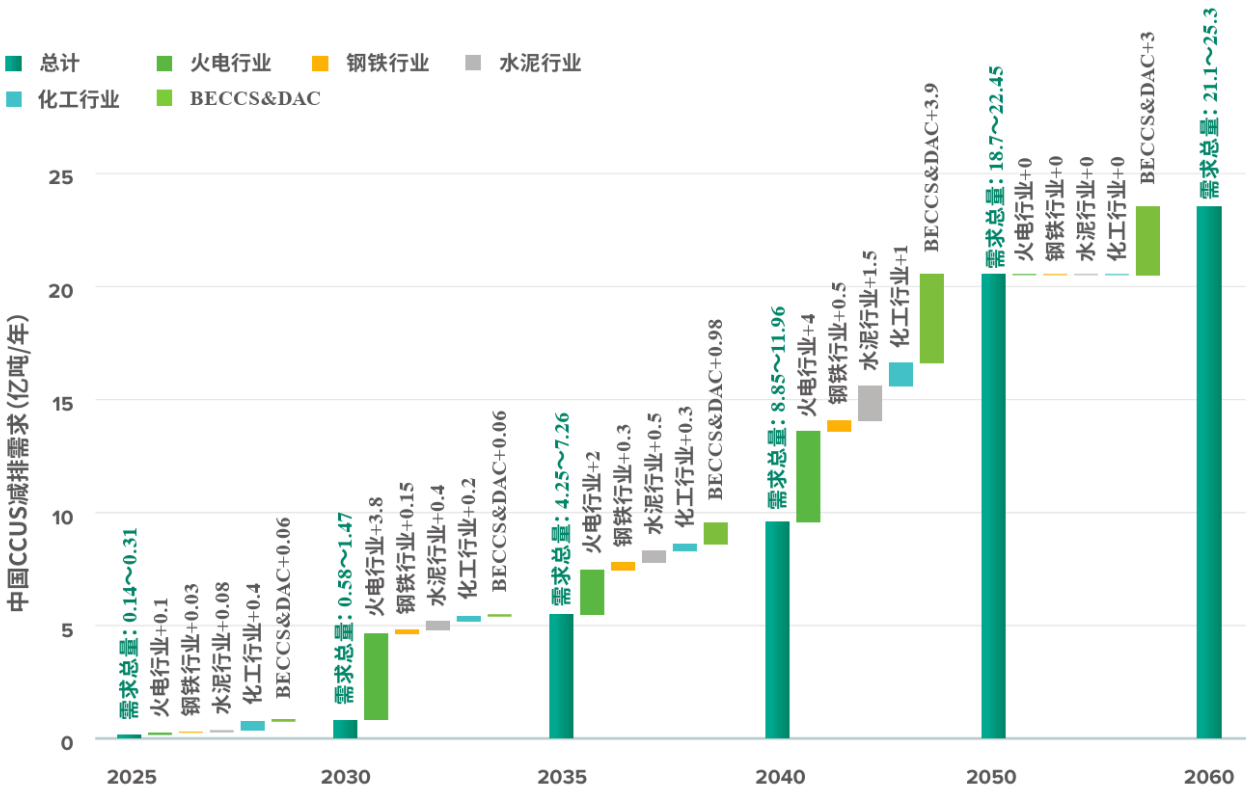
✓**DACCS：**DACCS工厂直接从大气中提取二氧化碳。目前，全球有几个项目正在试验阶段。其中一个项目是由碳工程公司开发的，预计每吨二氧化碳的捕获成本为150美元。美国的《通货膨胀削减法》极大地推动了DACCS市场的发展。**预计DACCS市场将以17.6%的年复合增长率从2024年的8亿美元急剧增长到2040年的106.8亿美元。**

1.3 CCUS定位与国内外CCUS需求

➢**国内市场方面：**根据中国CCUS（2023）报告，预测碳达峰碳中和目标下中国CCUS减排需求为：2025年约为2400万吨/年（1400～3100万吨/年），2030年将增长到近1亿吨/年（0.58～1.47亿吨/年），2040年预计达到10亿吨/年左右（8.85～11.96亿吨/年），2050年将超过20亿吨/年（18.7～22.45亿吨/年），2060年约为23.5亿吨/年（21.1～25.3亿吨/年）。

➢**分行业看，**考虑到中国目前的发电装机容量和能源安全的硬约束，火电行业将是CCUS的应用重点，预计2060年可通过CCUS实现约10亿吨/年的CO2减排量；钢铁、水泥、化工等行业在提高生产效率和达到生产峰值后将仍有部分CO2需要通过CCUS实现减排；到碳中和前夕，国内仍将有一部分温室气体排放无法通过常规技术手段完成减排，BECCS、DAC技术预计将贡献5～8亿吨/年的CO2移除量。

图6：中国各行业CCUS减排需求



资料来源：《中国二氧化碳捕集利用与封存(CCUS)年度报告(2023)》,华安证券研究所

华安证券
HUAAN SECURITIES

目录

1 概述：CCUS排碳潜力巨大，国内外市场需求加速增加

2 发展现状：国内CCUS各环节技术发展不均衡，项目成本有待降低

3 产业机遇：政策规划加持产业发展，中美合作未来可期

4 通用设备：吸收和再生系统设备投资较高，压缩机是压缩、液化、升压的核心设备

5 投资建议：国内厂商积极布局CCUS，未来有望打开新成长极

2.1中国CCUS技术发展水平仍有待提升

➢**国内CCUS各环节技术进展显著，但各环节技术发展仍不均衡。具体来看：**

✓**CO2捕集技术：**第一代捕集技术中，燃烧前物理吸收技术发展比较成熟，已经处于商业应用阶段，与国际先进水平同步；燃烧后化学吸收技术在国际上已经处于商业应用阶段，中国还处于工业示范阶段。第二代和第三代捕集技术发展相对滞后，增压富氧燃烧和化学链燃烧技术在国内外均处于中试及以下阶段。

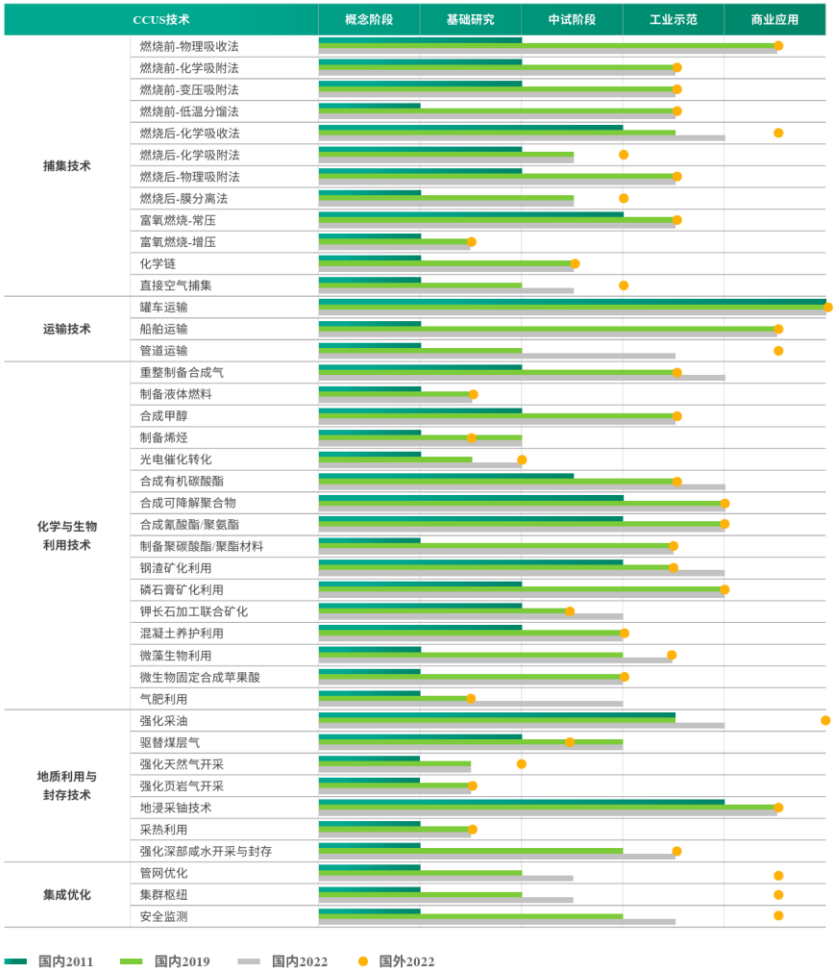
✓**CO2运输：**公路罐车和内河船舶运输技术均已开展商业化应用。罐车和内河船舶运输主要应用于规模10万吨/年以下的CO2输送。中国已投运的CCUS示范项目多数规模较小，大多采用罐车运输。CO2管道运输的潜力最大，中国已经陆续开展了一些工程实践，中石化集团齐鲁石化-胜利油田项目已经建成百万吨级陆上CO2运输管道，全长109公里，设计最大输量170万吨CO2/年。海底管道输送成本比陆上管道高40%～70%，在中国尚处于基础研究阶段。

✓**中国CO2化学和生物利用技术与国际发展水平基本同步**，整体上处于工业示范阶段。

✓**在CO2地质利用方面**，中国CO2-EOR和CO2地浸采铀技术发展水平较高，已接近或达到商业应用水平；强化深部咸水开采技术已完成先导性试验研究，与国外发展水平相当；强化天然气、页岩气开采置换水合物等技术与国际先进水平仍存在一定差距，目前尚处于基础研究阶段。

✓**在CCUS系统集成优化方面**，国内技术发展仍与国际水平存在明显差距。

图7：国内外CCUS各环节技术发展水平



资料来源：《中国二氧化碳捕集利用与封存(CCUS)年度报告(2023)》,华安证券研究所

2.1中国CCUS技术发展水平仍有待提升

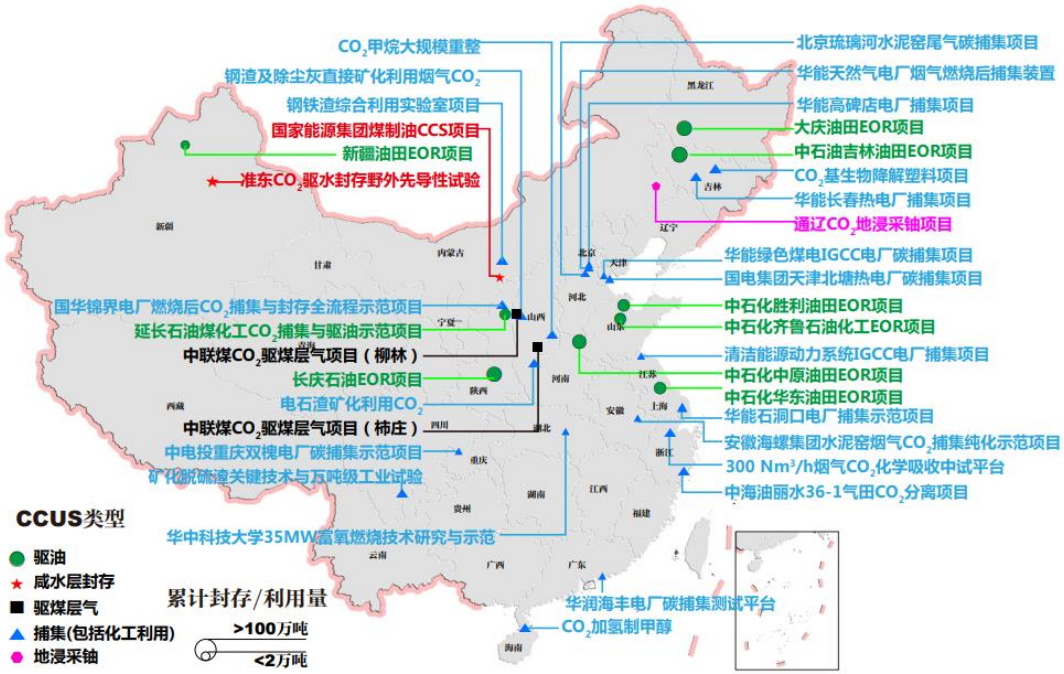
- **国内CCUS产业发展需要关键技术和基础设施的同步突破。**中国CCUS大部分技术已开展工业示范，但与碳中和目标需求和欧美等国家相比仍有很大差距。根据麦肯锡数据，难减工业行业减排目标的35%-40%需要依靠CCUS等尚不成熟的技术加以解决。如果其他减排抓手的应用速度与规模不理想，就更需要CCUS来填补碳中和缺口。到2050年，CCUS年减排量要达到约14亿吨二氧化碳，而当前产能仅100万吨，应加快探索大规模应用手段。

- 近年来中国CCUS各项技术虽取得显著进展，但**低能耗低成本捕集、离岸封存、负排放等关键技术有待突破，运输管网等基础设施**大大滞后于国际先进水平，示范规模和行业覆盖面较小。

2.2 国内CCUS发展迅速，示范项目覆盖多行业

➢**CCUS 技术项目遍布全国，积极筹备全流程 CCUS 产业集群。**根据中国CCUS年度报告（2023），截至2022年底，中国已投运和规划建设中的CCUS示范项目已接近百个,其中已投运项目超过半数，具备CO2捕集能力约400万吨/年，注入能力约200万吨/年。**从项目来看，**10万吨级及以上项目超过40个，其中50万吨级及以上项目超过10个，多 个百万吨级以上项目正在规划中。2022年8月，中国首个百万吨级CCUS项目—齐鲁石化-胜利油田项目正式建成投产。

图8：国内CCUS项目



资料来源：《中国二氧化碳捕集利用与封存(CCUS)年度报告(2023)》,华安证券研究所

2.2 国内CCUS发展迅速，示范项目覆盖多行业

➢ **目前中国CCUS示范项目的CO2捕集源涵盖电力、油气、化工、水泥、钢铁等多行业。**其中，电力行业 示范项目超过20个。2022年以来，水泥与钢铁等难减排行业的CCUS示范项目数量明显增多。包钢集团正在建设200万 吨（一期50万吨）CCUS示范项目，预计建成后将成为国内最大的钢铁行业CCUS全产业链示范工程。

图9：中国主要CCUS示范项目规模与行业分布

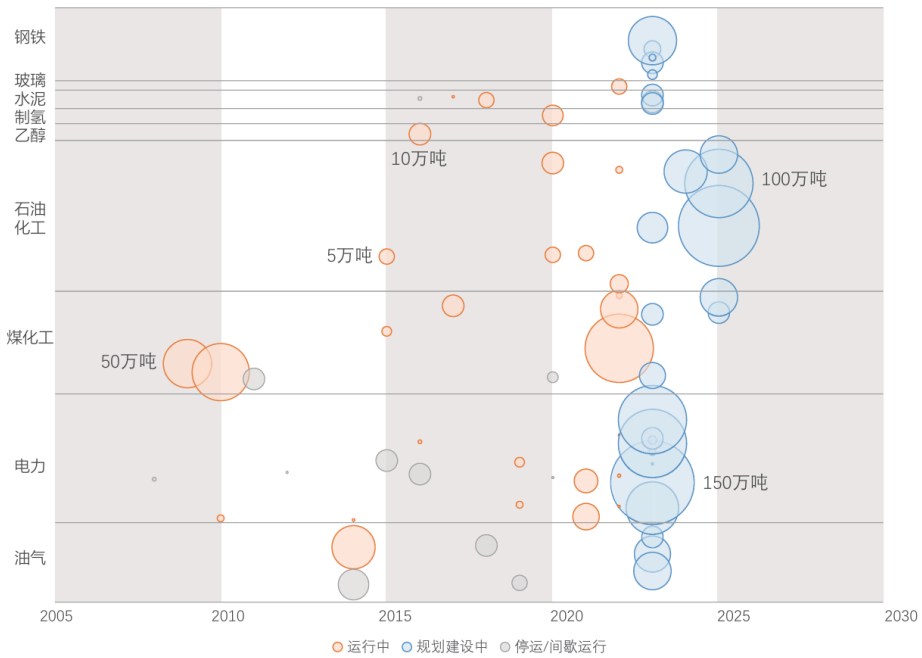
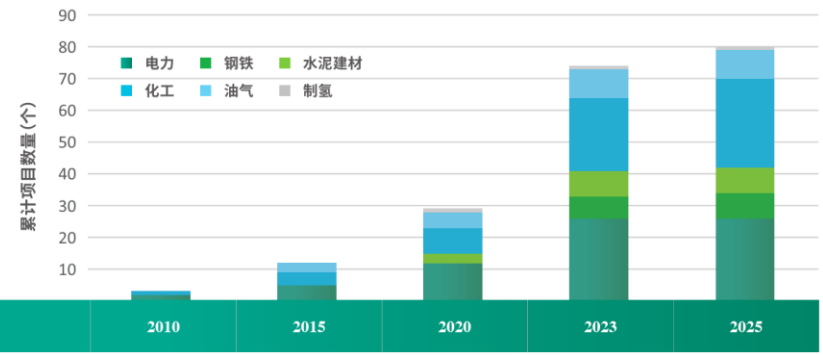


图10：中国CCUS示范项目捕集源分布



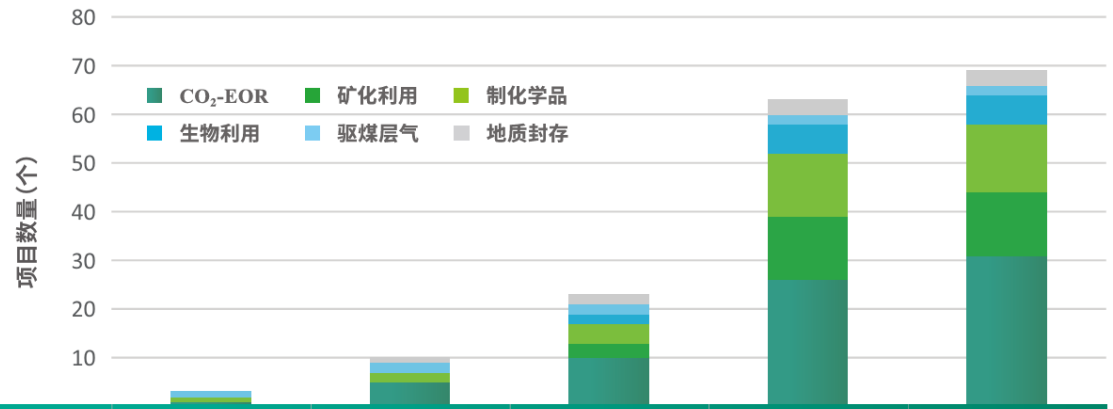
	2010	2015	2020	2023	2025
电力	2	5	12	26	26
钢铁	0	0	0	7	8
水泥建材	0	0	3	8	8
化工	1	4	8	23	28
油气	0	3	5	9	9
制氢	0	0	1	1	1

资料来源：《中国二氧化碳捕集利用与封存 (CCUS) 年度报告 (2023)》,华安证券研究所

2.2 国内CCUS发展迅速，示范项目覆盖多行业

➢目前中国CCUS示范项目的CO2利用方式以地质利用为主，但化学与生物利用项目也在逐年增加。

图11：中国CCUS利用与封存示范项目分布



投运时间	2010	2015	2020	2023	2025
CO_2-EOR	1	5	10	26	31
矿化利用	0	0	3	13	13
制化学品	1	2	4	13	14
生物利用	0	0	2	6	6
驱煤层气	1	2	2	2	2
地质封存	0	1	2	3	3

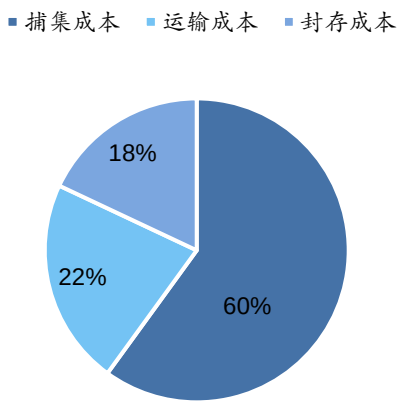
资料来源：《中国二氧化碳捕集利用与封存(CCUS)年度报告(2023)》,华安证券研究所

2.3 CCUS项目总体成本偏高，其中捕集阶段成本高达60%

- CCUS成本主要包括经济成本和环境成本。其中经济成本包括运行成本和固定成本。CCUS运行成本主要涉及捕集、运输、封存、利用这四个主要环节。捕集阶段是典型CCUS项目中能耗和成本最高的环节。**根据HIS Markit数据显示，在典型CCUS的项目成本中，捕集成本高达60%，运输成本和封存成本分别为22%和18%。一般来说，10万吨项目对应设备投资为0.35-0.5亿元，其中捕集占比50%+，增压+液化占比35%-40%，控制系统10%，还有储罐占一小部分。**

- ✓ 预计至2030年，CO2捕集成本为90~390元/吨，2060年为20~130元/吨；CO2管道运输是未来大规模示范项目的主要输送方式，预计2030和2060年管道运输成本分别为0.7和0.4元/(吨·km)。2030年CO2封存成本为40~50元/吨，2060年封存成本为20~25元/吨。

图12：典型CCUS项目成本构成



资料来源：IHS Markit，华安证券研究所

图13：2025—2060 年CCUS 各环节技术成本

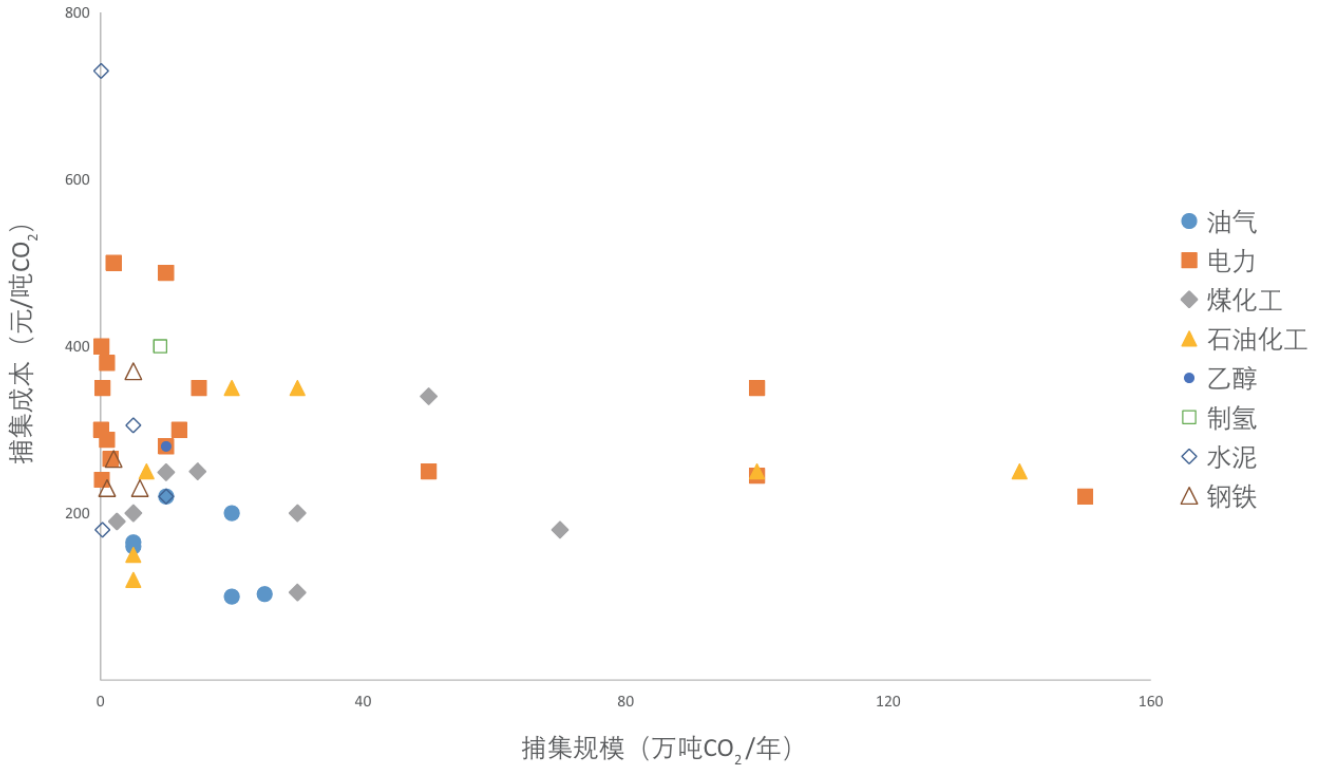
年份		2025	2030	2035	2040	2050	2060
捕集成本（元/吨）	燃烧前	100~180	90~130	70~80	50~70	30~50	20~40
	燃烧后	230~310	190~280	160~220	100~180	80~150	70~120
	富氧燃烧	300~480	160~390	130~320	110~230	90~150	80~130
运输成本（元/(吨·km)）	罐车运输	0.9~1.4	0.8~1.3	0.7~1.2	0.6~1.1	0.5~1.1	0.5~1
	管道运输	0.8	0.7	0.6	0.5	0.45	0.4
封存成本（元/吨）		50~60	40~50	35~40	30~35	25~30	20~25

资料来源：《中国二氧化碳捕集利用与封存(CCUS)年度报告(2021)》，华安证券研究所

2.3 CCUS项目总体成本偏高，其中捕集阶段成本高达60%

➢中国煤化工和石油化工领域的一体化驱油示范项目捕集成本相对较低，为105～250元/吨CO2。**电力、水泥仍是国内捕集成本较高的行业**，捕集成本分别为200～600元/吨CO2和305～730元/吨CO2，但整体均低于国外约350～977元/吨CO2和686～1280元/吨CO2的捕集成本。

图14：中国主要排放源已投运CCUS示范项目捕集成本

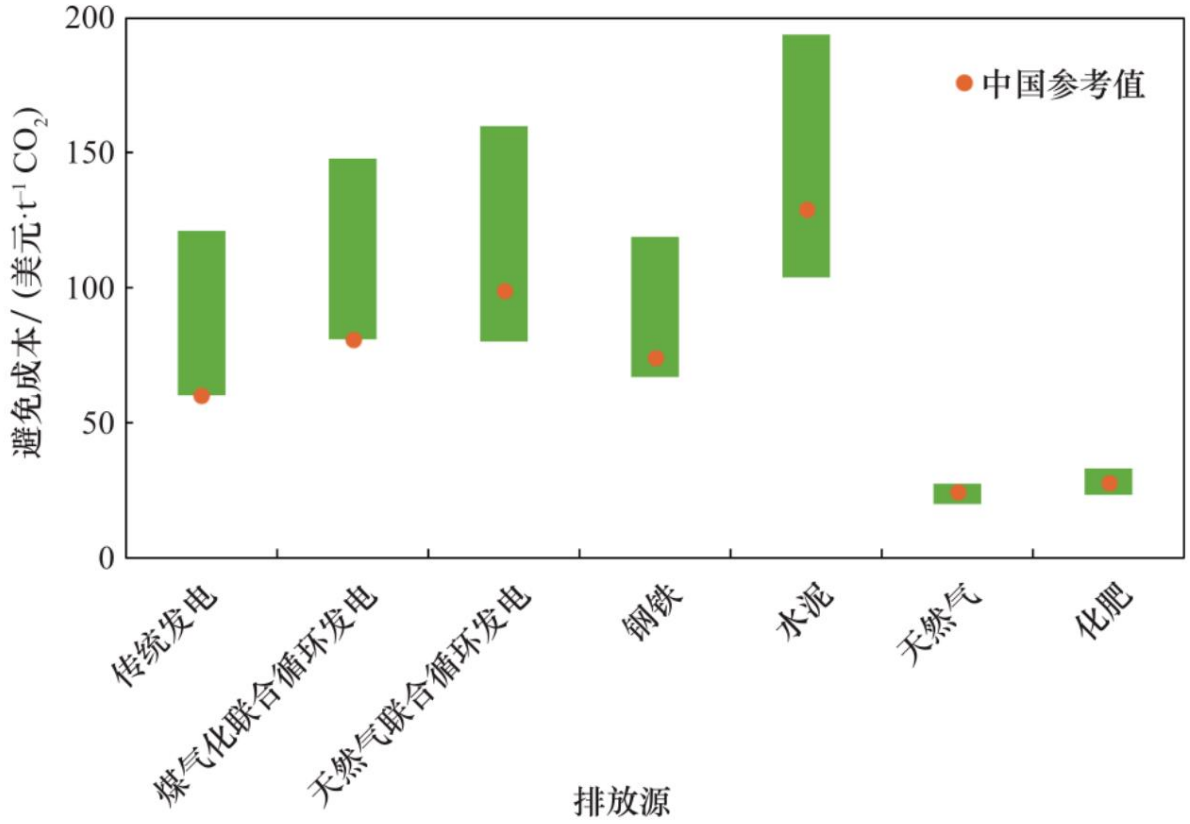


资料来源：《中国二氧化碳捕集利用与封存(CCUS)年度报告(2023)》,华安证券研究所

2.3 CCUS项目总体成本偏高，其中捕集阶段成本高达60%

➢就 CCUS全链条技术而言，现阶段全球主要碳源（煤电厂、燃气电厂、煤化工厂、天然气加工厂、钢铁厂、水泥厂）的 CO2 避免成本约为 20~194 美元 /t，我国的 CCUS 成本整体处于世界较低水平。

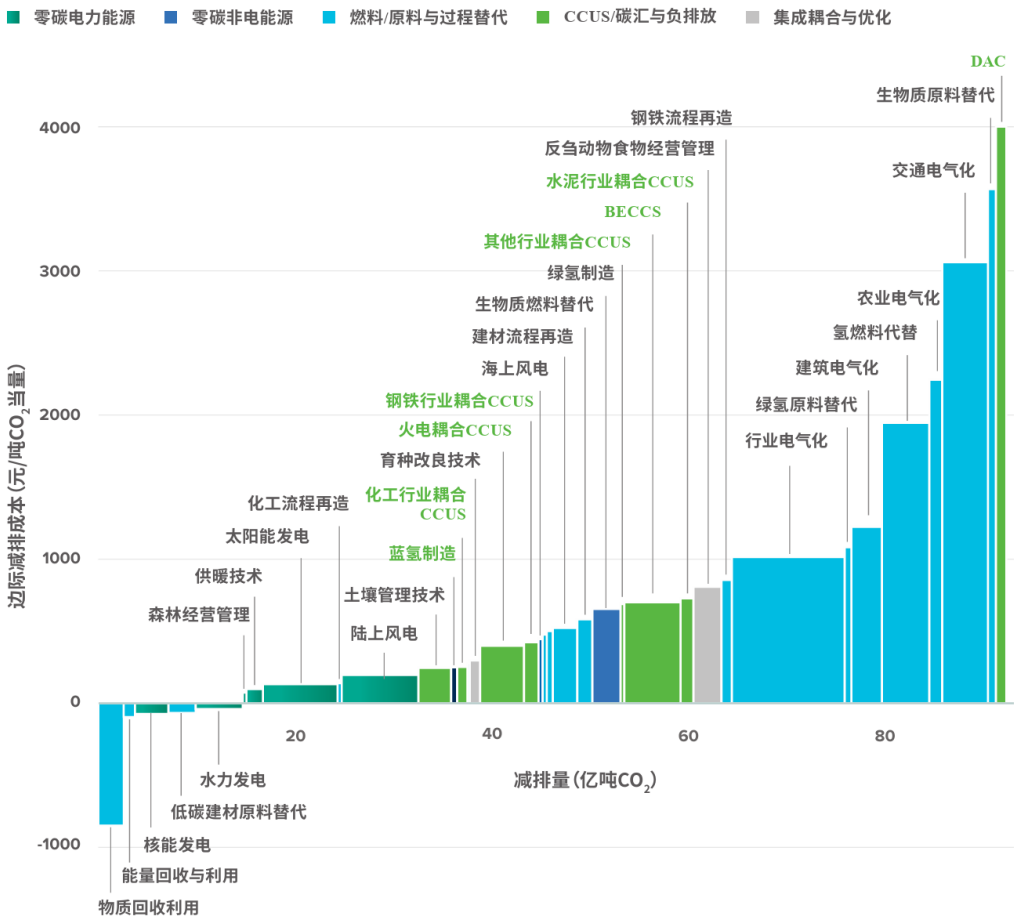
图15：不同排放源的 CO 2 避免成本



资料来源：《我国碳捕集利用与封存技术发展研究》，华安证券研究所

2.3 CCUS项目总体成本偏高，其中捕集阶段成本高达60%

图16：CCUS与主要低碳技术边际减排成本对比

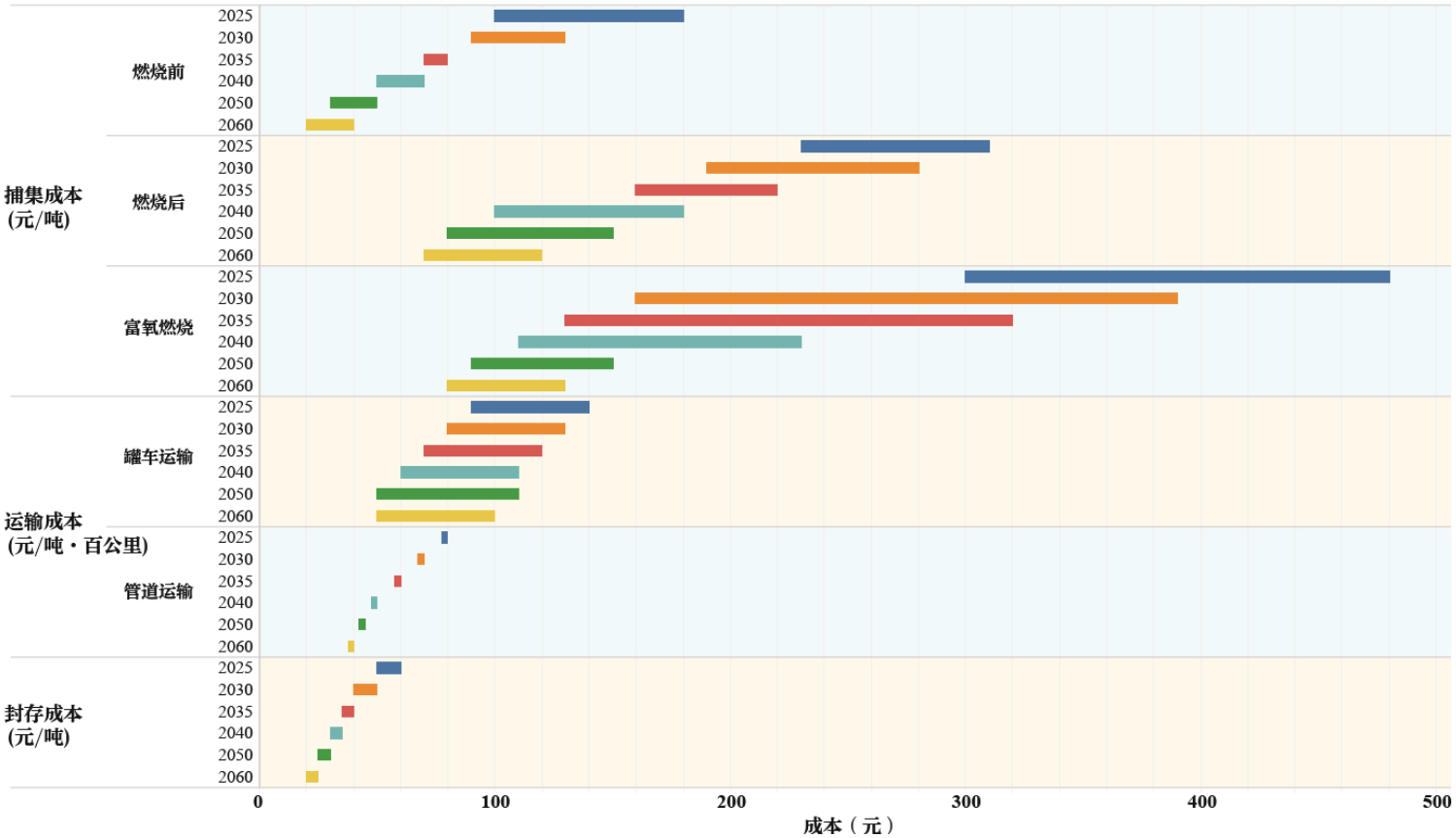


资料来源：《中国二氧化碳捕集利用与封存(CCUS)年度报告(2023)》，华安证券研究所

华安证券 HUAAN SECURITIES

2.3 CCUS项目总体成本偏高，其中捕集阶段成本高达60%

图17：中国2025—2060 年CCUS 技术成本



资料来源：《中国二氧化碳捕集利用与封存 (CCUS) 年度报告 (2021)》,华安证券研究所

2.3 CCUS项目总体成本偏高，其中捕集阶段成本高达60%

- **固定成本是CCUS技术的前期投资，如设备安装、占地投资等。**根据中国CCUS年度报告（2021）显示，一家钢铁厂安装年产能为10万吨的CO2捕集和封存设施的成本约为2700万美元。

◆ **以项目为例：**

- CCUS项目投资成本巨大，投资额在数千万元甚至上亿的规模，如华润集团海丰超临界燃煤电厂燃烧后捕集示范项目投资成本为8531万元，华能上海石洞口第二电厂碳捕获项目投资成本约为1亿元；其次安装碳捕集装置，将产生额外的运行维护成本，每吨CO2将额外增加140~600元，如华能集团上海石洞口发电厂，安装燃烧后捕集装置后，电价增长将近一半，从0.26元/kWh增至0.5元/kWh；最后对于碳利用和封存来说，捕集的CO2价格过高，如CO2-EOR外购CO2，价格在650元/吨左右。

- 在宝钢(湛江)工厂启动一个CCUS项目，CO2 年捕集能力为50万吨(封存场地在北部湾盆地，距离工厂100 km以内)，需要投资5200万美元。宝钢（湛江）工厂进行的经济评估显示，综合固定成本和运行成本，总减排成本为65美元/吨CO2，与日本54美元/吨CO2和澳大利亚60-193 美元/吨CO2的成本相似。

华安证券
HUAAN SECURITIES

目录

1 概述：CCUS排碳潜力巨大，国内外市场需求加速增加

2 发展现状：国内CCUS各环节技术发展不均衡，项目成本有待降低

3 产业机遇：政策规划加持产业发展，中美合作未来可期

4 通用设备：吸收和再生系统设备投资较高，压缩机是压缩、液化、升压的核心设备

5 投资建议：国内厂商积极布局CCUS，未来有望打开新成长极

3.1 全球CCUS技术示范工程进展

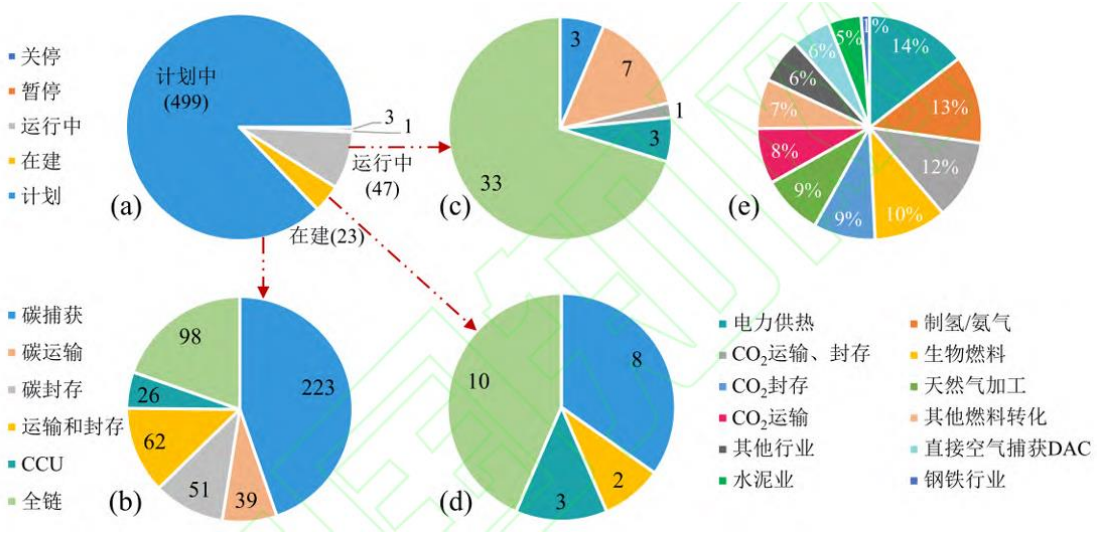
➢ **全球CCUS仍处于发展阶段，未来仍存较大成长空间。**

- 截至2023年3月，全球CCUS工业示范项目中，碳捕集、输运、利用和封存能力超过10 万吨CO2/年的项目（或捕集能力达1000吨CO2/年的DAC设施）共计573个，预计2030年全球的碳捕集能力将达到 320.9 MtCO2/年，当前距离这一目标尚存在较大差距。

- **高度重视CCUS 全链条技术环节集成。**从技术环节分布来看，实际运行、在建和计划的项目中碳捕集和全链类的项目占比均较高。实际运行的项目中全链类CCUS项目为33项，占比70.21%。

- **从行业分布来看，电力供热行业CCUS项目占比最高，达14%。**

图18： 全球CCUS项目数技术分类以及行业分布

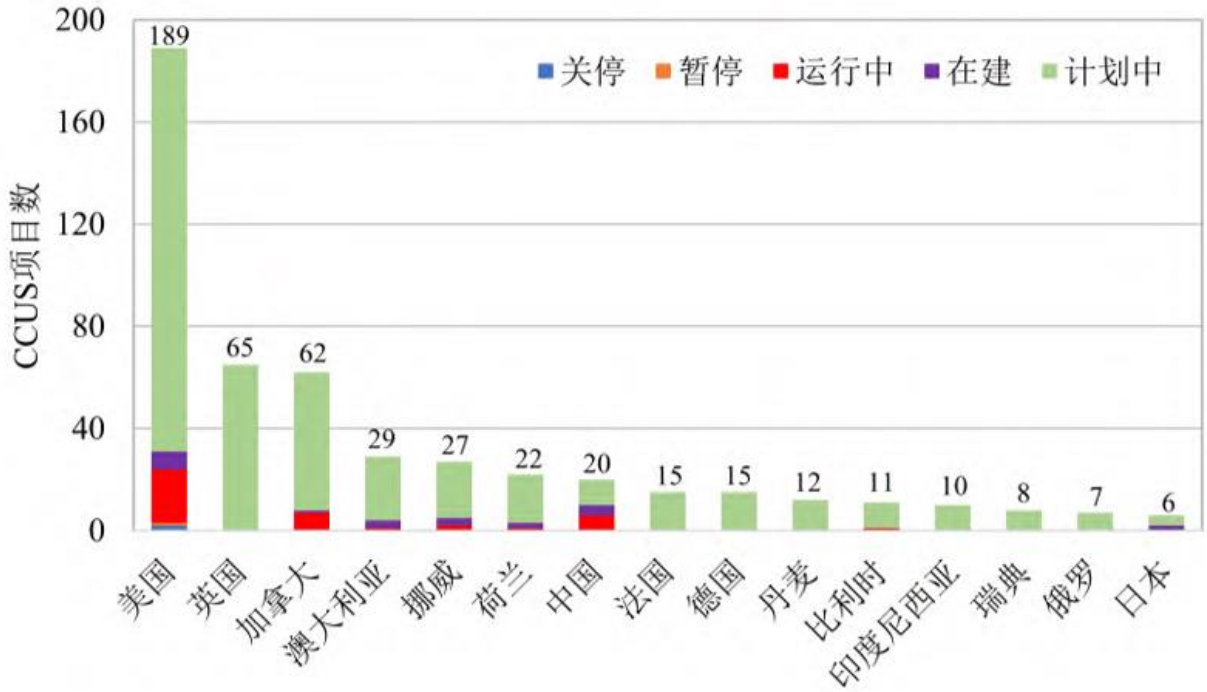


资料来源：《碳捕集、利用和封存（CCUS）技术发展现状及应用展望》，华安证券研究所

3.1 全球CCUS技术示范工程进展

➢ **全球CCUS项目近年来呈喷井式爆发。**截至2023年2月，全球范围内CCUS项目已达573个，其中499个项目还处于规划阶段，23个已投建，47个实际运行，4个暂停或退役。**分国家看，**CCUS项目最多国家为美国，达到189个，中国为20个，排在全球第7位。**究其原因，我们认为国内外有效的政策支持是推动CCUS商业化发展的关键因素。**

图19：CCUS项目数全球国家排名情况



资料来源：《碳捕集、利用和封存（CCUS）技术发展现状及应用展望》，华安证券研究所

3.2 国内外政策支持力度强劲

✓ **美国：**

- 《国内税收法》中的45Q**税收抵免政策**。该政策最初在2008年由国会在《能源改进与扩展法案》中提出，规定对CO2驱油和地质封存项目分别提供10~20美元/t的补贴。由于纯封存项目的补贴额度大大低于当时的封存成本，这一政策没有对封存项目发展起到明显促进作用。

- 2018年通过的《两党预算法》对地质封存和驱油项目的抵免金额分别增加至50和35美元/t，抵免额度增加后对地质封存带来较大促进，2019年新增项目中地质封存比例明显上升。

- 2022年8月通过的《通胀削减法案》再次更新45Q条款：1）将纯地质封存及驱油封存的抵免额度分别涨至每吨85美元和60美元；2）为直接空气捕集单独设立抵免额度，DAC后地质封存和驱油封存的抵免额度分别为180和130美元/t；三是降低CCUS设施能力申请门槛，发电和工业设施年最低捕集量分别降至18750t和12500t；四是可直接现金退税。

- 除税收抵免外，《美国能源法案2020》中授权60余亿美元用于**CCUS的研发和工程示范**。

◆ 从参与者来看，**美国CCUS项目参与者主要是埃克森美孚、西方石油公司和雪佛龙等企业**，这三家企业几乎参与开发了全球一半以上目前在运的CCUS项目。

3.1 国内外政策支持力度强劲

✓ **加拿大：**

- 加拿大在CCUS支持政策方面的力度位于世界前列。加拿大联邦及地方政府近年来主要通过基金资助、政府拨款、税费抵免等形式加大支持力度。

图20：近年来CCUS加拿大支持政策

发布时间	发布单位	文件名称	支持额度	支持内容
2020年	联邦政府	《健康的环境和健康的经济》	-	制定全面CCUS战略
2020年	Alberta政府	技术创新和减排计划	8000万加元	8000万元支持工业能效和CCUS；950万加元用于监管设施改造
2022年	联邦政府	《清洁燃料法规》	-	通过CCUS降低碳强度的化石燃料认定为清洁燃料
2022年	联邦政府	联邦预算	26亿加元	1）DAC项目可申请60%税收抵免； 2）为碳捕集项目提供50%税收抵扣（不含驱油项目）

资料来源：《我国 CCUS 产业化发展前景分析与建议》,华安证券研究所

- 2014年加拿大萨斯喀电力公司在边界坝3号燃煤发电机组改造项目基础上，建成了全球首座CCUS一体化项目，证实了CCUS商业化运营的可行性。目前，加拿大的Weyburn项目是世界上最大、最成功的CCUS-提高采收率示范项目。

- 加拿大政府计划在2030年前为至少2个新的大规模碳捕集项目提供资金支持，大约12家石油和天然气公司正争取在艾伯塔省进行CO_2地质封存的权利。据加拿大自然资源部CCUS战略草案，2个碳存储中心将在2030年之前开建。

3.1 国内外政策支持力度强劲

✓ **欧洲：**

- 为促进 CCUS 技术发展和商业化进程，欧盟及欧洲部分国家主要通过“欧洲创新基金”支持CCUS技术研发和创新，通过“欧洲能源复兴计划”和“地平线欧洲计划”等支持示范项目建设。

图21：近年来CCUS欧洲支持政策

发布时间	发布单位	文件名称	支持额度	支持内容	备注
2009年	欧盟委员会	欧盟能源复兴计划	10亿欧元	资助欧洲首批6个全流程CCS示范项目	
2020年	英国政府	《The Ten Point Plan for a Green Industrial Revolution》	10亿英镑	创建4个CCUS集群	
2021年	挪威政府	（2021-2030）气候行动指南	-	力推CCS商业化	
2022年	欧盟委员会	欧洲创新基金	18亿欧元	支持氢能等关键组件制造、可再生能源、CCS等	部分资金支持CCUS项目
2022年	欧盟委员会	地平线欧洲计划	58亿欧元	支持促进气候变化科学项目，包括CCS	

资料来源：《我国 CCUS 产业化发展前景分析与建议》,华安证券研究所

3.1 国内外政策支持力度强劲

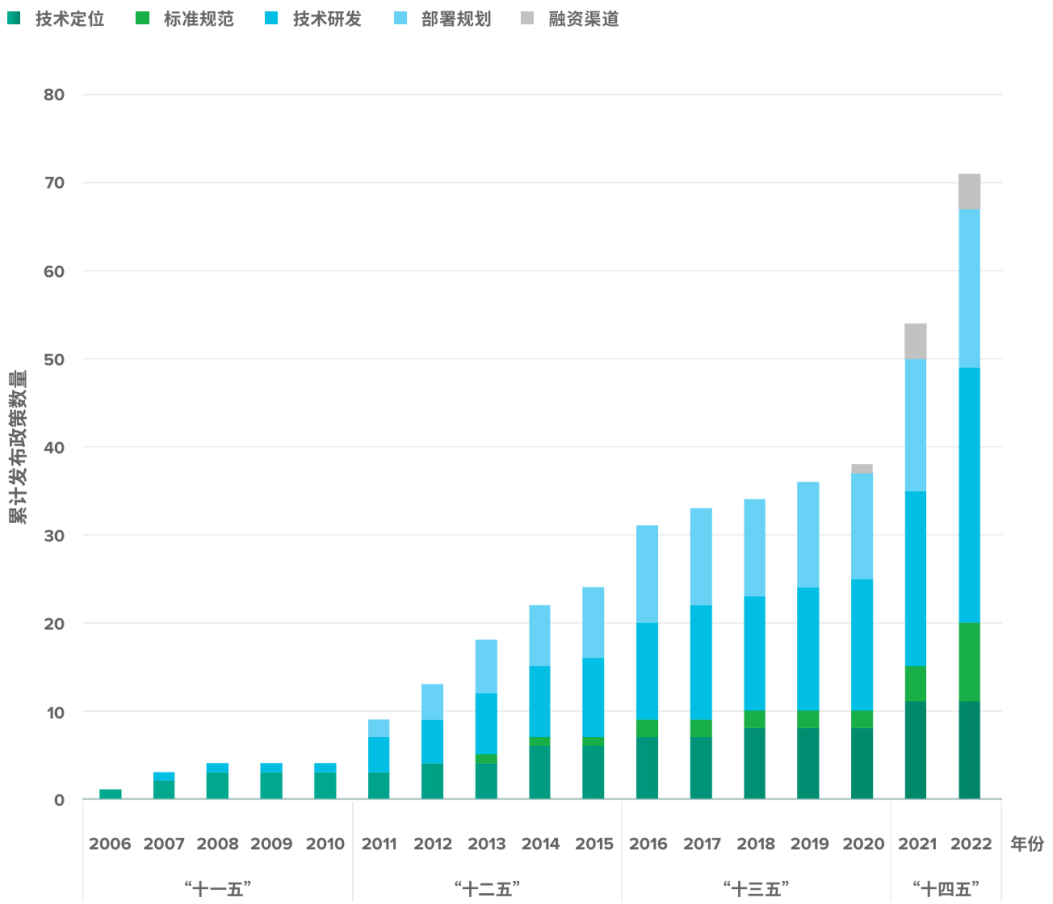
✓ **中国：**

- 根据中国二氧化碳捕集利用与封存（CCUS）年度报告（2023），截至2022年底，中共中央和国务院已发布70余项CCUS相关的政策文件，涉及规划、标准、路线图、技术目录等。

- 2021年，CCUS技术被首次写入中国经济社会发展纲领性文件《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》。随后，也被详细写入《2030年前碳达峰行动方案》，各部委和地方政府也都相继出台CCUS支持性政策。

- 从项目来看，目前中国方面，**主要是“三桶油”涉及CCUS领域。**

图22：中共中央和国务院发布的CCUS相关政策数量



资料来源：《中国二氧化碳捕集利用与封存(CCUS)年度报告(2023)》,华安证券研究所

3.1 国内外政策支持力度强劲

图23：中共中央和国务院发布的涉及CCUS的相关政策

序号	政策名称
1	国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020年）
2	中国应对气候变化国家方案
3	中国应对气候变化科技专项行动
4	中国应对气候变化的政策与行动（2008）
5	国土资源“十二五”规划纲要
6	国家“十二五”科学和技术发展规划
7	国土资源“十二五”科学和技术发展规划
8	中国碳捕集、利用与封存（CCUS）技术发展路线图
9	国家能源科技“十二五”规划（2011-2015）
10	“十二五”控制温室气体排放工作方案
11	煤炭工业发展“十二五”规划
12	“十二五”国家应对气候变化科技发展专项规划
13	工业领域应对气候变化行动方案（2012-2020年）
14	“十二五”国家自主创新能力建设规划
15	“十二五”国家碳捕集利用与封存科技发展专项规划
16	国家重大科技基础设施建设中长期规划（2012-2030）
17	关于推动碳捕集、利用和封存试验示范的通知
18	关于加强碳捕集、利用和封存试验示范项目环境保护工作的通知
19	国家重点推广的低碳技术目录（第一批）
20	国家应对气候变化规划（2014-2020年）
21	中美气候变化联合声明
22	关于促进煤炭安全绿色开发和清洁高效利用的意见
23	煤炭清洁高效利用行动计划（2015-2020年）
24	国家重点推广的低碳技术目录（第二批）
25	能源技术革命创新行动计划（2016-2030）
26	二氧化碳捕集、利用与封存环境风险评估技术指南（试行）
27	工业绿色发展规划（2016-2020年）
28	“十三五”国家科技创新规划
29	“十三五”控制温室气体排放工作方案
30	煤炭工业发展“十三五”规划
31	能源生产和消费革命战略（2016-2030）
32	战略性新兴产业重点产品和服务指导目录（2016版）
33	“十三五”应对气候变化科技创新专项规划
34	烟气二氧化碳捕集纯化工程设计标准
35	中国碳捕集利用与封存技术发展路线图（2019版）
36	产业结构调整指导目录（2019 年本）
37	关于促进应对气候变化投融资的指导意见
38	绿色技术推广目录（2020年）
39	关于统筹和加强应对气候变化与生态环境保护相关工作的指导意见
40	关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见
41	中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要
42	中美应对气候危机联合声明
43	关于加强高耗能、高排放建设项目生态环境源头防控的指导意见
44	关于请报送二氧化碳捕集利用与封存（CCUS）项目有关情况的通知
45	绿色债券支持项目目录（2021年版）
46	中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见
47	国家标准化发展纲要
48	2030年前碳达峰行动方案
49	中国应对气候变化的政策与行动（2021年10月）
50	中美关于在21世纪20年代强化气候行动的格拉斯哥联合宣言
51	“十四五”能源领域科技创新规划
52	“十四五”工业绿色发展规划
53	《气候投融资试点方案》
54	“十四五”现代能源体系规划
55	高耗能行业重点领域节能降碳改造升级实施指南（2022年版）
56	关于“十四五”推动石化化工行业高质量发展的指导意见
57	加强碳达峰碳中和高等教育人才培养体系建设工作方案
58	关于加快建立统一规范的碳排放统计核算体系实施方案
59	减污降碳协同增效实施方案
60	科技支撑碳达峰碳中和实施方案（2022—2030年）
61	贯彻实施《国家标准化发展纲要》行动计划
62	工业领域碳达峰实施方案
63	高等学校碳中和科技创新行动计划
64	“十四五”生态环境领域科技创新专项规划
65	能源碳达峰碳中和标准化提升行动计划
66	建立健全碳达峰碳中和标准计量体系实施方案
67	绿色低碳发展国民教育体系建设实施方案
68	全国煤电机组改造升级实施方案
69	“十四五”城镇化与城市发展科技创新专项规划
70	国家重点推广的低碳技术目录（第四批）

资料来源：《中国二氧化碳捕集利用与封存(CCUS)年度报告(2023)》，华安证券研究所

3.3 中美共同合作CCUS大项目

➢ **CCUS产业迎来大发展，中美加深CCUS项目合作。**

- 6月27日，广东省发展改革委、**中国海油**、壳牌集团和**埃克森美孚**在中国北京、广州，英国伦敦，美国休斯敦四地以“线上+线下”形式共同签署**大亚湾区二氧化碳捕集、利用及封存（简称CCS/CCUS）集群研究项目谅解备忘录——中国首个海上规模化（300~1000万吨）CCS/CCUS集群研究项目。**

- 11月15日，中美两国发表了关于加强合作应对气候危机的阳光之乡声明。声明提到，到**2030年，两国争取各自推进至少5个工业和能源等领域碳捕集、利用和封存（CCUS）大规模合作项目。**

➢ **综合来看，中美加强CCUS合作，不仅体现了CCUS项目的重要性，也有利于国内CCUS技术发展和项目商业化进程加速。**

华安证券
HUAAN SECURITIES

目录

1 概述：CCUS排碳潜力巨大，国内外市场需求加速增加

2 发展现状：国内CCUS各环节技术发展不均衡，项目成本有待降低

3 产业机遇：政策规划加持产业发展，中美合作未来可期

4 通用设备：吸收和再生系统设备投资较高，压缩机是压缩、液化、升压的核心设备

5 投资建议：国内厂商积极布局CCUS，未来有望打开新成长极

4.1 CCUS项目通用设备盘点

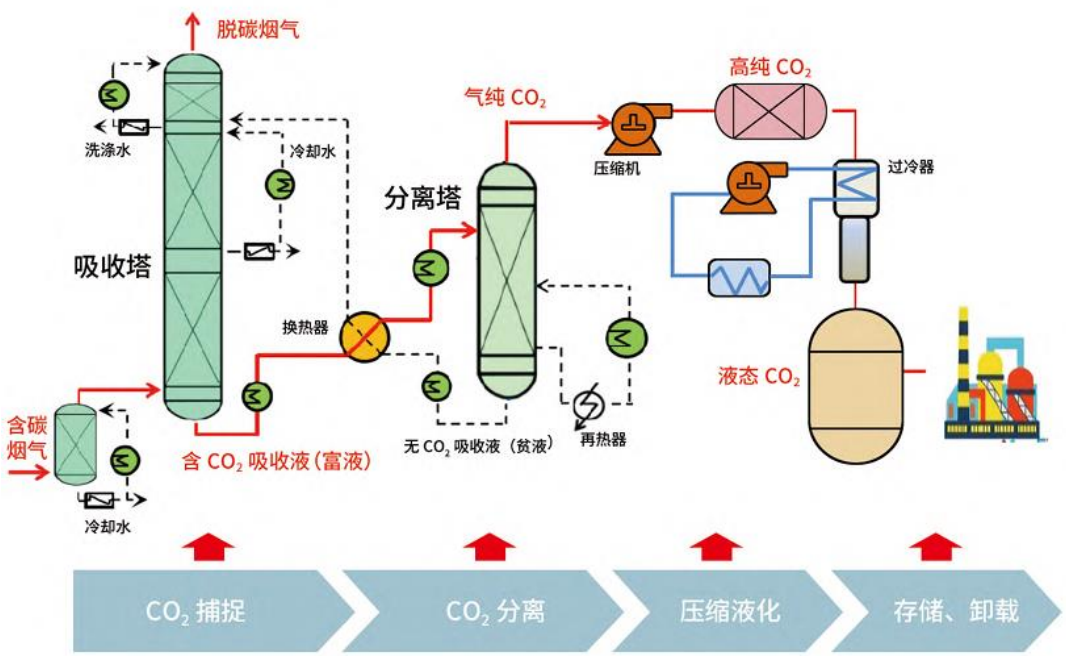
➢ **CCUS项目环节复杂，涉及较多通用设备。**

- **以船载碳捕集技术为例**，一般采用化学吸收法对排放尾气进行碳捕捉，其原理为通过吸收液的温度变化来实现CO2的吸收和释放，从而实现将CO2从尾气中分离捕获，**主要包括CO2捕捉、分离、压缩液化与存储卸载四个过程构成。**

- 其中，**碳捕捉和分离系统（即捕集环节）**中涉及的通用设备主要为**吸收塔、分离塔、换热器、再热器等。**

- 在捕捉环节至存储、卸载环节之间需要对**CO2进行压缩、液化或升压等操作，因此需要压缩机。**

图24：碳捕捉技术在船上的应用



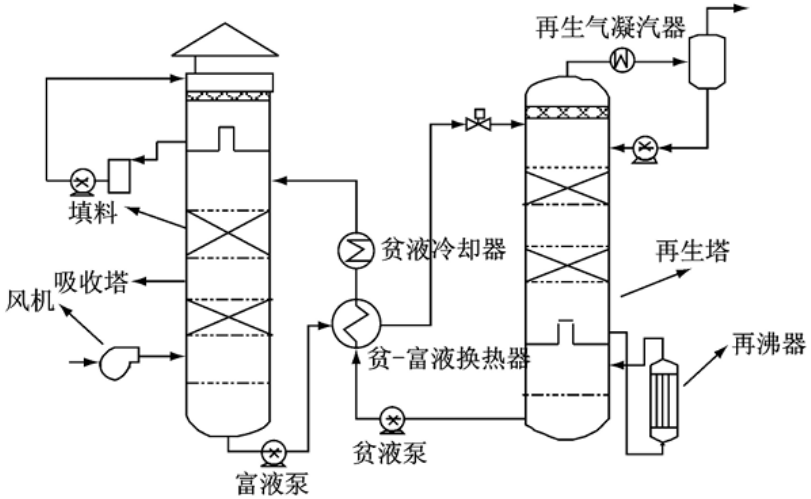
资料来源：《合力推进船载碳捕集技术应用发展》，华安证券研究所

4.2 吸收塔和再生塔成本占CO2捕集系统最大

- **以华能北京热电厂3000t／a CO2捕集系统为例：**脱碳系统安装在湿法脱硫系统之后．从脱硫系统出来的烟气 在风机作用下 通过旁路管道由吸收塔储液槽液面进入吸收系统．吸收系统由吸收塔和再生塔组成 烟气经过风机进入吸收塔 与从吸收塔上部进入的贫液接触从而脱除其中的CO2 然后烟气进入洗涤水系统 被水洗涤后从塔顶排入大气．吸收CO2的富液经过贫-富液换热器后进入再生塔 再生塔下部与一煮沸器相连 在煮沸器中 富液被低压蒸汽加热至110℃后回到再生塔将CO2从溶液中再生出来．再生的CO2气体经过再生气凝汽器和气液分离器将挥发出的水分和一乙醇胺（MEA）冷凝后返回再生塔从而获得干燥纯净的CO2．再生后的贫液回到吸收塔，循环工作。

- **吸收系统和再生系统占设备投资最大。其中又以吸收塔和再生塔成本所占比例最大，分别占比23.1%和29.3%。**

图25：CO2捕集系统



资料来源：《燃煤电厂CO2捕集系统的技术与经济分析》，华安证券研究所

图26：主要设备成本比例

系统项目	子系统项目	设备成本（%）
烟气吸收系统		36.5
	吸收塔	23.1
	洗涤液贮槽	2.1
	换热器、泵、阀门	5.7
	活性炭过滤器	2.6
	机械过滤器	2.9
CO2再生系统		47.2
	再生塔	29.3
	再生气分离器	3.1
	碱槽	1.6
	换热器、泵、阀门	6.3
	再沸器	4.2
	胺回收加热器	2.6
电气系统		1.6
热工控制系统		11.5
附属生产工程		1.6
溶液贮槽		1.6

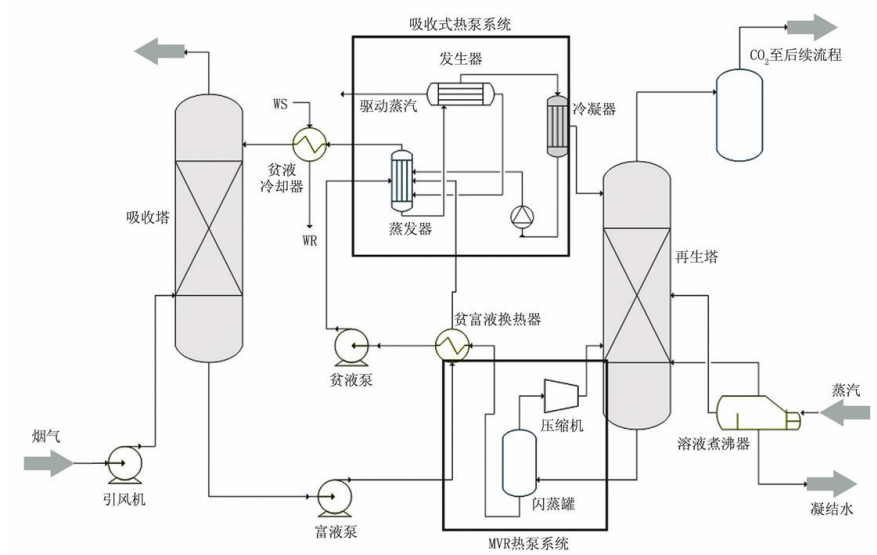
资料来源：《燃煤电厂CO2捕集系统的技术与经济分析》，华安证券研究所

4.3 热泵系统提升常规CO2捕集工艺

- 为提升余热回收工艺并达到节能效果，在CO2捕集工艺中会通过**热泵系统**汽用于CO2再生，有效降低了碳捕集功耗。**例如双热泵低能耗CO2捕集工艺**。

- 以胜利电厂100t/d的CO2捕集工程为例，在闪蒸蒸汽余热回收工艺与热泵式余热回收工艺最佳耦合的情况下，再沸器负荷由常规工艺的4541kW降至2801kW，每小时节能6.246GJ，节能比例达到38.3%；冷却水需求量由常规工艺的200 t/h降至74 t/h，节水比例达到63%。

图27：双热泵耦合低能耗CO2捕集工艺流程



资料来源：《新型燃煤烟气CO2吸收剂与双热泵耦合CO2捕集工艺试验研究》，华安证券研究所

图28：双热泵耦合节能工艺与常规工艺对比分析

工艺类别	捕集率/%	回收热量/kW	再沸器负荷/kW	冷却水需求量/(t·h^{-1})	节能比例/%	节水比例/%
100 t/d 常规 CO_2捕集工艺	80.51	–	4 541	200	0	0
100 t/d CO_2捕集双热泵耦合工艺	80.99	1 740	2 801	74	38.32	63

资料来源：《新型燃煤烟气CO2吸收剂与双热泵耦合CO2捕集工艺试验研究》，华安证券研究所

4.4 压缩机为二氧化碳气体压缩、液化、升压工艺核心设备

➢ **液化：为了运输和使用方便，在产品CO2生产中一般都把其制成液体或固体产品。CO2液化生产工艺主要是按系统压力不同，分为高压法、中压法和低压法。**

- **高压法：**将原料CO2气体通过压缩机提压至7.28 MPa（临界压力）以上的高压，充入钢瓶，用低于31.4℃（临界温度）的冷却水喷淋使瓶内气体液化。该方法工艺简单，但CO2产品纯度低，杂质多，只能用于一般的工业用途。如果加压后净化，则净化过程的设备需要在8 MPa的高压下操作，设备投资成倍增加，同时操作危险性增加。并且液化只能钢瓶中进行，无法存储于大型储罐，**因此由于产能限制故而不适用于燃煤火电厂项目**。

- **中压法：**中压法适合于CO2纯度≥90%的原料气生产。系统压力为2.5～4.5 MPa，**用制冷机冷却到在-20℃液化**，得到液体CO2。较高压法而言，虽然增加了一套制冷系统，操作复杂，但中压法可大大减少二氧化碳压缩机的电耗。在投资方面，高压压缩机的价格比中压压缩机的价格高2.6倍，远远超过中压压缩机和制冷机价格总和。故中压法可降低成本，提高经济效益。**所得液体CO2产品可用管道输送到储罐中，便于大规模的储存和装车运输。因此，中压法是目前火电厂CO2捕集项目的主流气体压缩方法**。

- **低压法：**该工艺适合CO2纯度≥98%的原料气生产。系统压力为1.8 MPa，二氧化碳的液化温度为≤-35℃。**虽然该工艺的制冷系统比较复杂，但由于压缩机功耗低，设备的耐压要求低，投资较低。**然而，由于该工艺所允许的原料气品质波动范围很窄，生产条件较为苛刻，一般只适用于原料气纯度较高，且杂质基本以水溶性含氧有机物为主的酒精厂发酵气工艺方案的生产。

➢ **二氧化碳气体在压缩、升压环节同样需要压缩机。国家能源集团江苏泰州公司50万吨/年碳捕集与资源化能源化利用研究及示范项目经压缩机压缩后的二氧化碳出口压力达到1.5兆帕，二氧化碳纯度达到99.99%。**

华安证券
HUAAN SECURITIES

目录

1 概述：CCUS排碳潜力巨大，国内外市场需求加速增加

2 发展现状：国内CCUS各环节技术发展不均衡，项目成本有待降低

3 产业机遇：政策规划加持产业发展，中美合作未来可期

4 通用设备：吸收和再生系统设备投资较高，压缩机是压缩、液化、升压的核心设备

5 投资建议：国内厂商积极布局CCUS，未来有望打开新成长极

5.1 冰轮环境发展历程

➢冰轮环境技术股份有限公司成立于1956年，是一家多元化、国际化的综合性装备工业企业。

图29：冰轮环境公司发展历程

时间	事件
1956年	冰轮的前身“公私合营烟台机械修配厂”创立。
1966年	自行研制生产中国第一台活塞式4AV-12.5制冷压缩机。
1973年	1973-1974年中国第一台螺杆制冷压缩机在烟台冷冻机厂完成联合设计。
1980年	公司更名为“烟台冷冻机总厂”。
1988年	烟台冷冻机总厂股份制改革，公开向社会自然人发行股票。
1991年	首家合资企业“烟台海达制冷设备有限公司”成立。
1992年	与美国联亚公司合资成立“烟台弘达制冷设备有限公司”。 烟台冰轮制冷空调集团成立。
1993年	与韩国友人公司合资成立“烟台月友冷藏集装箱有限公司”。
1994年	合资成立“烟台佳灵冷暖设备有限公司”。 合资成立“烟台埃克米制冷设备有限公司”。 在国内通过DNV-ISO9001:1994质量管理体系认证。
1995年	与顿汉布什集团合资成立“烟台顿汉布什工业有限公司”。
1996年	与日本荏原制作所合资成立“烟台荏原空调设备有限公司”。 冰轮集团核心企业烟台冰轮股份有限公司成立。
1998年	烟台冰轮股份有限公司在深圳证券交易所上市。 泰国办事处成立。
1999年	成立山东省鲁商冰轮建筑设计有限公司。
2004年	投入新型高效螺杆机的研发并于2004年通过科技成果鉴定，标志着中国成为世界上第六个具有自主开发螺杆压缩机能力的国家。
2001年	烟台冰轮塑业有限公司成立。
2001年	与马来西亚顿汉布什控股有限公司合资成立“烟台哈特福德压缩机有限公司”。
2004年	与韩国现代重工业株式会社合资成立“烟台现代冰轮重工有限公司”。
2005年	与德国卡贝欧换热器有限公司合资成立“烟台卡贝欧换热器有限公司”。
2006年	烟台冰轮（越南）有限公司成立。 获评“国家认定企业技术中心”。
2011年	NH3/CO2螺杆复叠制冷系统产业化项目被列入联合国蒙特利尔议定书，多边基金组织、联合国开发计划署和环保部的示范推广项目。
2012年	公司成功收购有百年历史的国际知名中央空调企业顿汉布什集团，完善了气温控制领域产业链。
2013年	MCP成功上线，标志着冰轮管理信息化迈向新台阶。 冷冻冷藏用NH3/CO2替代R22示范项目通过国家环保部和联合国环境规划署专家组验收。
2014年	“NH3/CO2螺杆复叠制冷系统关键技术研究与系统开发应用”获山东省科技进步一等奖和中国制冷学会科技进步特等奖。 收购北京华源泰盟节能设备有限公司，实现了公司产业布局的延伸及冷热产品线的完善。
2015年	烟台冰轮（印度尼西亚）有限公司在雅加达成立。
2017年	NH3/CO2螺杆复叠制冷技术与宽温区冷热耦合系统技术先后荣获中国制冷学会科技进步特等奖。 公司更名为“冰轮环境技术股份有限公司”。
2018年	氨气压缩机、水蒸气增压机相继研制成功。
2019年	高端智能制造转型升级--绿色智能铸造技术改造和智能化压缩机工厂建设。 烟台冰轮智能机械铸造工厂开业，成立山东海卓氢能技术研究院。
2021年	哈特福德压缩机数字工厂建成投产。 冰轮集团工业设计中心获评第五批国家级工业设计中心。 冰轮环境“智慧高效柔性连续冻结线关键技术研发及应用”再获中国制冷学会科技进步奖

资料来源：华安证券研究所整理

5.1 冰轮环境业绩指标

- 2018-2022年公司营收和归母净利润稳步增长，CAGR分别为11.09%/8.60%。2023Q1-Q3实现营收55.76亿元，同比+29.8%；归母净利润5.65亿元，同比+71.51%，业绩高增长主要得益于新能源领域的订单高增。
- 近年来公司毛利率净利率均呈现明显修复趋势，2023三季报毛利率26.1%，净利率10.3%。

图30：冰轮环境营业收入

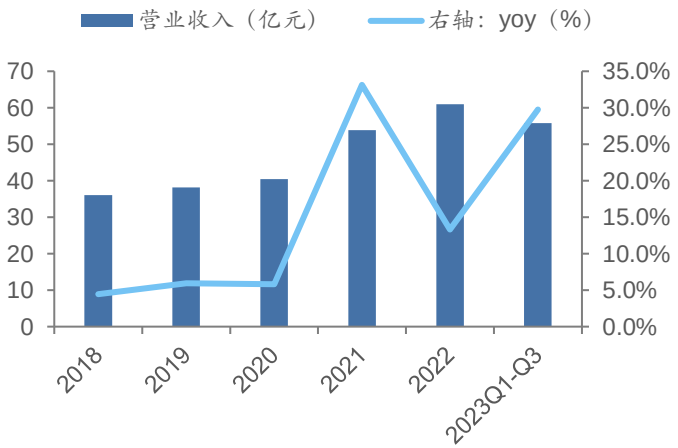


图31：冰轮环境归母净利润

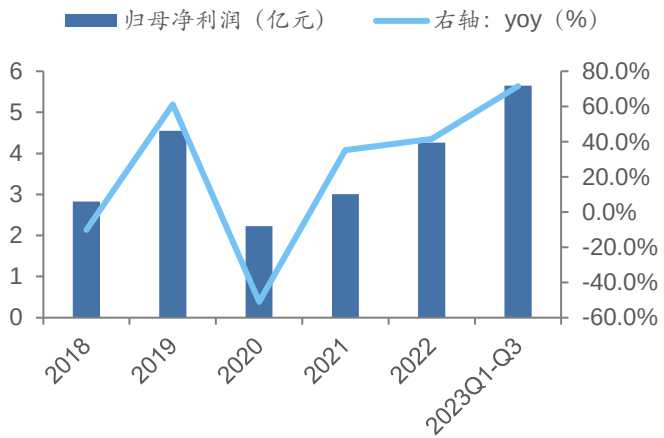
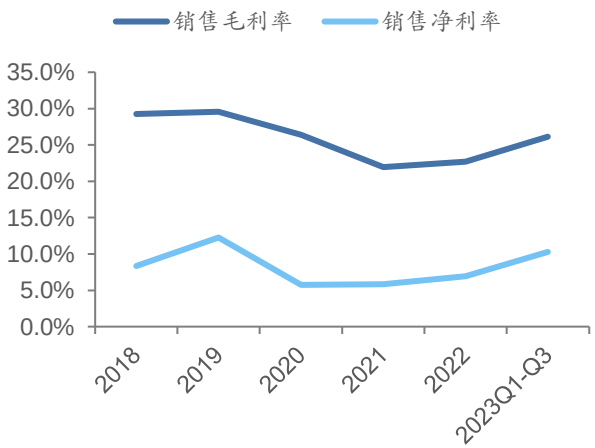


图32：冰轮环境毛利率&净利率



资料来源：Wind，华安证券研究所

5.1 冰轮环境CCUS布局

- 螺杆压缩机是CCUS核心动力设备，公司具备完备技术实力和项目经验。冰轮环境自主研发的螺杆增压装置和制冷装置系列化产品，适用于多种CCUS技术。作为核心设备运用于多个国家级的CCUS示范项目，生产出的二氧化碳产品（气体、液体、干冰）可达到国家关于工业级、食品级二氧化碳的相关标准。**截至2022年3月，公司承建的二氧化碳制冷项目累计降碳370万吨/年，二氧化碳增压液化项目累计降碳达800万吨/年。**

- **2022年，公司中标我国最大的碳捕集利用与封存全产业链示范基地、国内首个百万吨级CCUS项目——“齐鲁石化-胜利油田百万吨级CCUS项目”，该项目每年可减排二氧化碳100万吨。**

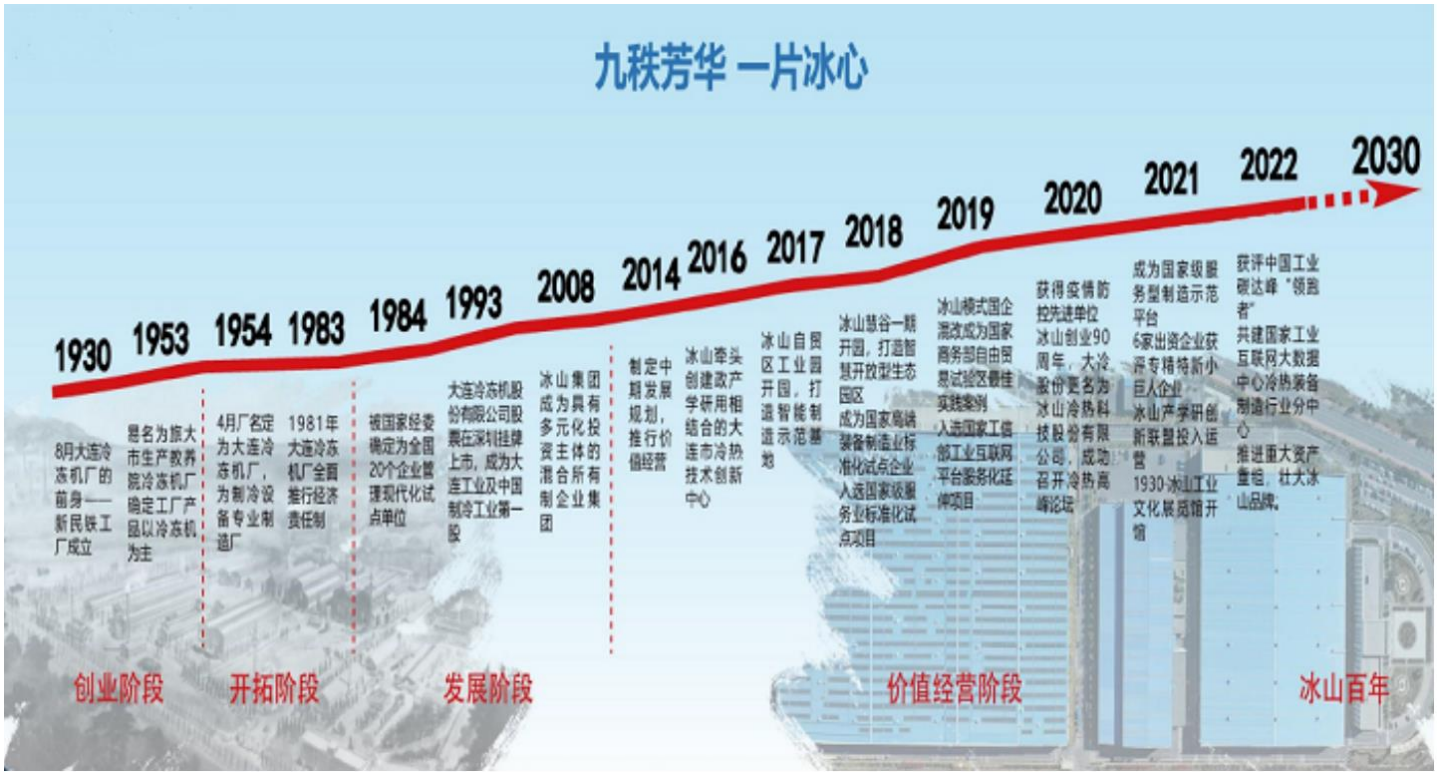
- 2022年6月冰轮环境中标佛山佳利达1万吨/年CO2捕集与资源化利用示范工程项目螺杆式二氧化碳增压液化机组。该项目是国内印染行业首个CCUS项目，也是粤港澳大湾区首个“双碳”概念下的燃煤锅炉烟气二氧化碳捕集与资源化综合利用示范项目，具备1万吨/年烟气二氧化碳捕集与固碳能力。项目投产后，可实现二氧化碳捕集率大于90%、二氧化碳捕集浓度大于99%、吸收剂再生热耗低于2.7GJ/t CO2指标，解决了二氧化碳捕集高能耗、高成本的难题。每年可生产1.8万吨碳酸氢铵、1850吨干冰，实现5000吨/年二氧化碳的液化提纯，相当于每年植树约9万棵。

5.2 冰山冷热发展历程

➢**冰山冷热是我国制冷工业领军企业——大连冰山集团有限公司的核心企业。**

- 围绕冷热产业，致力于发展工业制冷制热事业领域、商用冷冻冷藏事业领域、空调与环境事业领域、工程与服务事业领域以及新事业领域，**覆盖了冷热产业链的关键领域，打造了完整的冷热产业链。**

图33：冰山集团发展历程



资料来源：冰山集团官网，华安证券研究所

5.2 冰山冷热业绩指标

- 营收方面，2019-2022年，公司营收从18.32亿元增长至28.93亿元。但利润方面，同期波动较大。其中，2021年公司归母净利润亏损2.69亿元，主要系：1）原材料价格大幅上涨及市场竞争加剧影响，毛利率下降；2）公司计提信用减值损失增加；3）公司对联营企业的投资收益同比下降1.50亿元。2022年公司为进一步强化冷热主业，筹划实施了重大资产重组并于2022 年11 月完成。

- 2023三季报公司营收和归母净利润分别为36.0/0.7亿元，毛利率及净利率均有明显修复趋势。

图34：冰山冷热营业收入

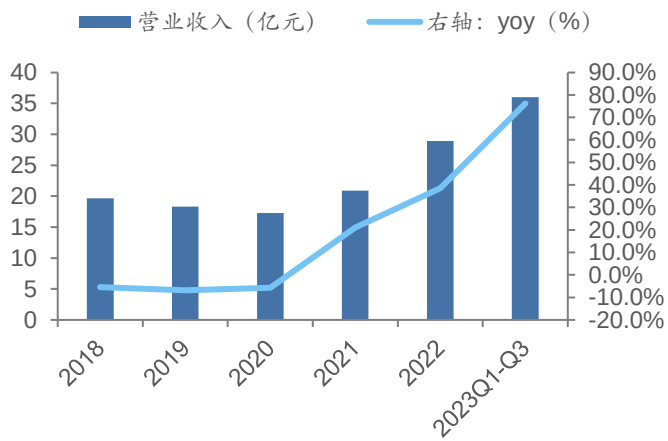


图35：冰山冷热归母净利润

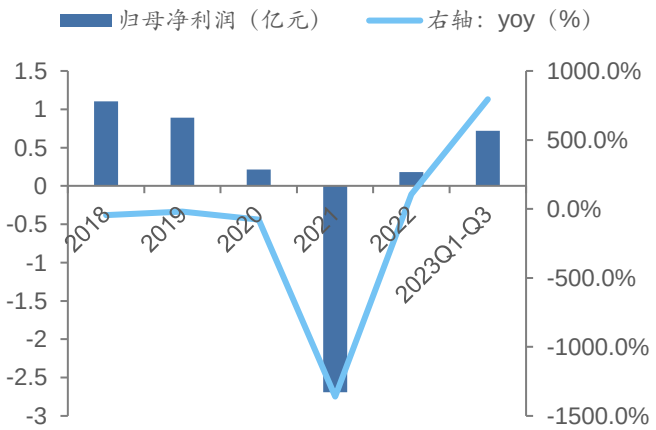
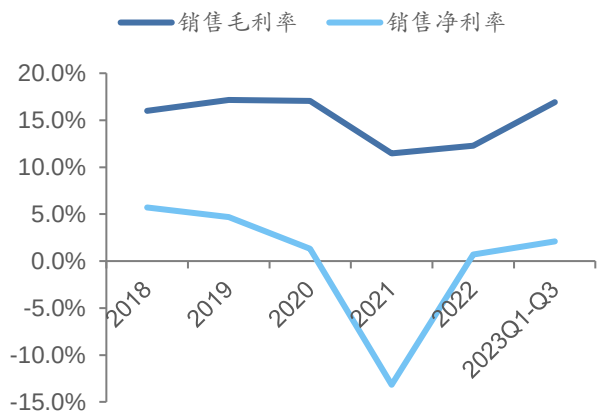


图36：冰山冷热毛利率&净利率



资料来源：Wind，华安证券研究所

5.2 冰山冷热CCUS布局

- 冰山的CCUS系统能够捕捉利用各类燃料燃烧过程、粮食酒精发酵过程、碳酸盐矿石分解过程、化肥厂和有机化工厂生产过程等产生的二氧化碳，满足“食品级”要求。变频式氨/二氧化碳载冷模块化机组，采用天然环保工质氨和二氧化碳，节能30%；LGC系列螺杆增压压缩机主要用于煤化工及生物发酵产生的大量二氧化碳气体的增压液化、工艺气体的管道增压压缩机、配搭机组的高压段。

- 2023年3月冰山冷热CO2增压液化装置获中国制冷展 “创新产品奖”。 CO_2增压、液化装置是CCUS技术中的关键技术设备。此套增压装置用于将低压(通常0~0.5bar) 二氧化碳增至高压(通常22~30bar) 。 温度控制、液体分离等多项技术手段综合运用，使该装置可用于含水CO2气体的压缩，拓宽了增压机组的应用场景，提升CCUS系统的性价比。该装置应用主要应用于化工、煤电、电力、钢铁、水泥等行业中使用化石燃料所产生CO2,化工工艺过程及生物发酵过程中产生的CO,气体需要增压的场合，增压后的高压气体含油量低于0.1PPM，可用于生产食品级CO2。

5.3 兰石重装发展历程

➢兰石重装业务涵盖传统能源装备（炼油化工、煤化工、化工新材料等领域）、新能源装备（光伏多晶硅、核能、氢能等领域）、工业智能装备（快速锻造液压机组等）以及节能环保装备的研发、设计、制造、检测、检维修服务及工程总承包。

➢公司拥有三张民用核安全设备资质，应用于公司压力容器、储罐和热交换器产品；两张军工核安全设备制造资质；一张放射性安全资质。核电业务市占率高，制造了中国首座核乏燃料后处理中间试验厂的绝大多数非标设备。氢能业务积极参与下游研发工作，主打高压大容量储氢罐，同时积极研发生产电解槽产品，深度参与制氢储氢装备领域。公司积极布局熔盐储能以及多晶硅设备业务，打造核氢光储四位一体新能源业务。

图37：兰石重装发展历程

时间	事件
1953年	兰州炼油化工设备厂成立
1960年	成功研制出中国第一台单层厚壁、高温高压加氢反应器
1970年	为中国一批重点建设企业成功研制了年产15万吨的氨合成塔、11万吨的尿素合成塔和双层套筒式加氢反应器以及高压聚乙烯反应器、径向重整反应器，重整换热器等高压设备
1981年	研制成功中国第一台板焊热壁堆焊加氢反应器，板焊式加氢反应器市场占有率一直居中国首位
1987年	为抚顺石化公司丙烯腈工程研制的Φ2000mm冷却器，成为中国第一台打ASME“U”钢印的压力容器
1990年	与意大利合作，研制成功中国第一台螺纹锁紧环式高压换热器
1993年	承制了国家“八五”技术创新优秀项目油气水三相分离器（国内首台）
1996年	研制成功中国第一台四合一连续重整反应器(美国UOP工艺技术)
1997年	研制成功中国第一台CF-62钢制1500m³大型乙烯球罐
2002年	研制成功宽通道焊接式板式热交换器，打破了国外对中国市场的垄断
2006年	为大连石化公司顺利研制了220万吨/年重整催化装置中四合一连续重整反应器，其重量达502吨，为该类产品规格亚洲第一
2007年	为青岛大炼油项目研制完成了当时中国最大规格(DN1700)螺纹锁紧环式高压换热器设备
2008年	研制成功了圆壳式换热器；采用中国制造的12Cr2Mo1R（厚度达137mm）钢板研制完成了高压分离器设备，填补了中国空白
2009年	首套31.5/35MN快锻投产、首套50MN快锻投产；重型全液压四辊卷板机研制列入“甘肃省科技重大专项计划”
2010年	由兰州兰石机械设备有限责任公司(以下简称:兰石有限)整体变更设立的股份有限公司，并更名为兰州兰石重型装备股份有限公司
2010年	自行设计和制造完成了清华大学承担的国家重大专项大型气冷堆试验回路项目核心设备—HTL电加热器
2011年	为中石化广州分公司制造了中国最大重量板焊式加氢反应器（重量837吨）
2012年	研制完成中国最大规格(φ1800)螺纹锁紧环式高压换热器(中化泉州石化1200万吨/年炼油项目)
2013年	研制的45MN大型快速锻造液压机组荣获二0一二年度甘肃省科技进步一等奖
2014年	获准在上海证券交易所上市交易（兰石重装，股票代码：603169）
2015年	为田湾核电站3、4号机组项目，研制完成特下水贮槽、KTP废液监测槽、旋流器泥浆接收槽等数台核电产品，实现了公司核级产品新突破
2016年	研制的20万吨/年超大型薄壁丁二醇（BYD）反应器荣获甘肃省科技进步奖一等奖
2017年	设计并研制完成了国内首套低阶粉煤循环流化床加压煤气化示范项目——兰石全化千吨级循环流化床加压煤气化示范项目核心设备循环流化床加压气化炉；6.3MN快锻压机组和1.6MN径锻机实现出口
2018年	研制完成了美国玉皇化工有限公司天然气制甲醇项目4台核心设备，首次进入美国市场，为公司进一步拓展国际市场奠定了坚实基础；研制了省级重点项目国产化新型高温高压临氢环境符合密封结构换热器
2019年	研制完成新疆大全新能源股份有限公司年产7万吨高纯硅基材料项目流化床反应器
2020年	国内设计、试验压力最高的H350AL-H型高承压大型可拆卸式板式热交换器产品顺利通过技术鉴定；以实物资产投资引入国内独有技术共同成立兰石植源科技公司，合作推广ZY-LOC核心技术
2021年	制造了青海亚洲硅业多晶硅项目所需的还原炉产品，标志着公司拥有了多晶硅项目的所有核心设备的研发制造能力；国内首次采用国产N08810板材制造冷氢化反应器
2021年	完成对中核嘉华的收购控股，进一步整合了公司核能装备业务板块，构建“一体两翼三新”产业格局
2022年	制订《氢能产业发展规划纲要》，成立了核能装备事业部，公司“核氢光储”、新材料领域产业布局逐步完善；两家子公司分别入围“甘肃省第二批智能工厂”和“甘肃省第二批数字化车间”

资料来源：华安证券研究所整理

5.3 兰石重装业绩指标

- 公司营业收入受项目确认收入不确定性影响，存在一定波动，但整体呈现稳步上升势态。2021年开始恢复，2022年实现营收49.8亿元，同比+23.4%，实现归母净利润1.8亿元，同比+43.4%。2023三季报兰石重装实现营收31.1亿元，同比+1.44%；实现归母净利润1.4亿元，同比-5.5%。

- 2021年以来公司利润率水平总体较为稳定，2023三季报毛利率16.0%，净利率4.3%。

图38：兰石重装营业收入

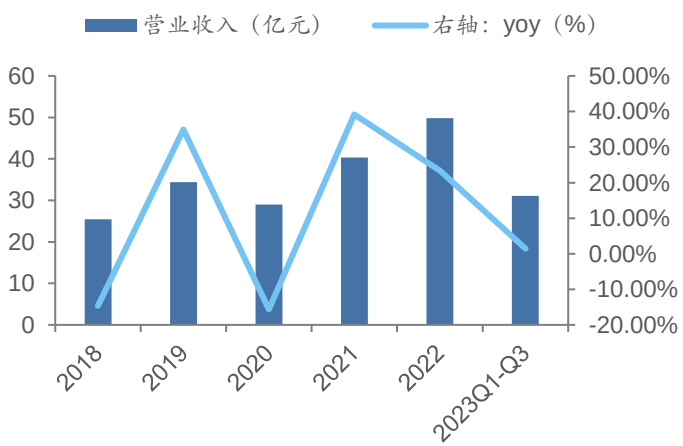


图39：兰石重装归母净利润

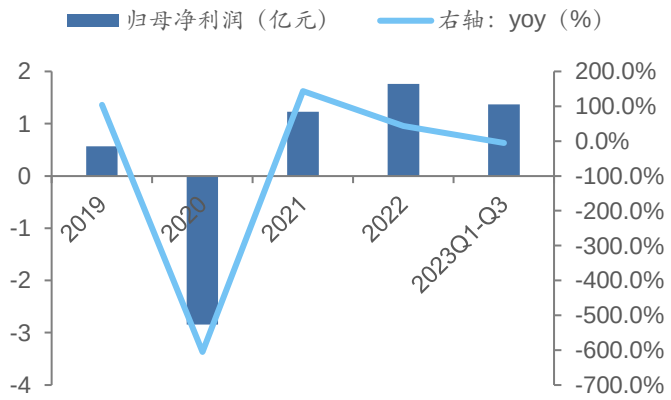
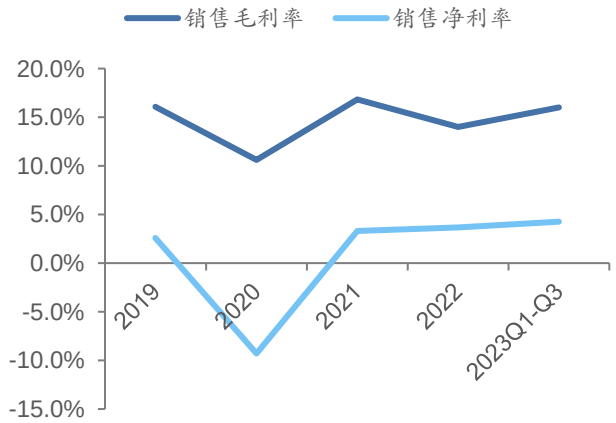


图40：兰石重装毛利率&净利率



资料来源：Wind，华安证券研究所

5.3 兰石重装CCUS业务

- 2022年10月，兰石重装中标江苏斯尔邦石化有限公司的斯尔邦CO_2制绿色甲醇项目，承接了包括热介质冷却器、中压精馏塔蒸汽再沸器、中压精馏塔热水再沸器、塔顶回收器、低压精馏塔再沸器、开工蒸汽加热器、甲醇冷凝器、循环气冷却器、甲醇循环换热器、多套EC反应器等设备制造。

- 2023年，兰石重装接连中标了胜帮科技股份有限公司的伊吾氢能环保科技绿电耦合二氧化碳捕集(CCUS)制高值化学品项目，以及华能陇东能源有限责任公司的百万吨级CCUS研究及示范项目，中标总金额超过7000万元，累计参与捕集与封存$CO_2$166万吨。公司目前承制的CCUS设备属于二氧化碳捕集利用的核心设备。二氧化碳捕集阶段设备有吸收塔、再生塔、再生气分离器等设备，二氧化碳合成利用阶段设备有反应器、换热器及塔器设备。

- 2023年Q1-Q3取得 CCUS、冶金、热能等新业务领域项目订单 7,374 万元。

图41：兰石重装承制的CO_2脱除系统吸收塔、再生塔

资料来源：兰石重装微信公众号，华安证券研究所整理

5.4 陕鼓动力发展历程

➢公司以透平压缩机组起家，2012年成立秦风气体，全面进入气体运营市场；2018年聚集分布式能源市场，拓展业务至轻工、能源电力非传统工业领域；2021年公司在高端流程气领域成功打破了国外透平强企的技术垄断，实现了多项流程气体压缩机组的重大突破。目前已形成能量转换设备制造、工业服务、基础能源设施运营的三大业务板块。

图42：陕鼓动力发展历程

资料来源：公司官网，华安证券研究所

5.4 陕鼓动力业绩指标

- 受益于公司2017年起跳出原有传统业务的局限，聚焦分布式能源产业进行能源供给侧结构创新，2018-2022公司收入和归母净利润CAGR分别为18.3%/46.1%，保持持续增长态势。 2023三季报陕鼓实现营收72.7亿元，同比-14.0%；实现归母净利润7.3亿元，同比-10.7%，主要系能量转换设备、能量转换系统服务业务下滑。
- 2018-2022年公司毛利率始终维持在18%-22%水平，21年由于设备业务毛利率回落出现一定水平下滑。2023三季报毛利率23.4%，净利率10.9%，同比均略有增加。

图43：陕鼓动力营业收入

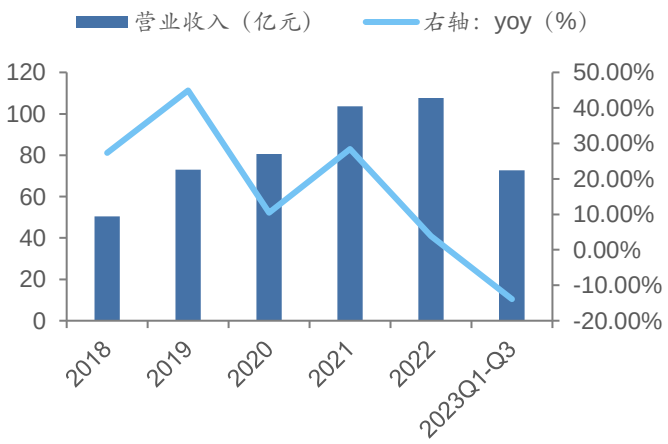


图44：陕鼓动力归母净利润

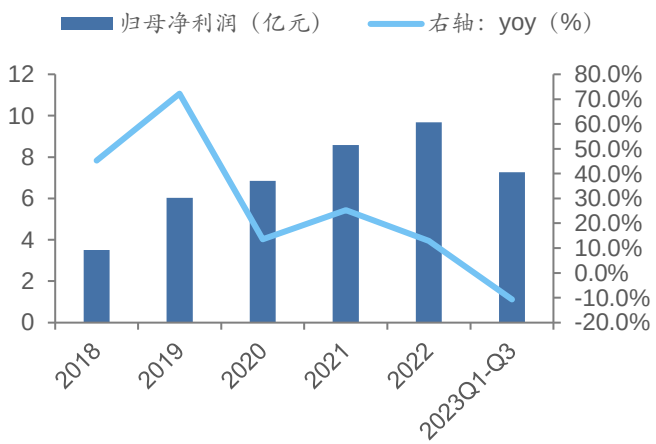
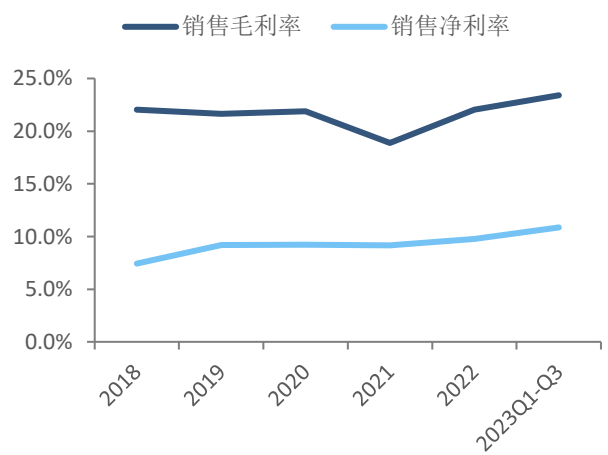


图45：陕鼓动力毛利率&净利率



资料来源：Wind，华安证券研究所

5.4 陕鼓动力CCUS业务

- **亚洲最大火电二氧化碳捕集项目机组运行成功。**国家能源集团江苏泰州公司50万吨/年碳捕集与资源化能源化利用研究及示范项目压缩机首次满载运行成功，机组各项运行指标满足设计要求，顺利产出纯度达到 99.99%的CO2，实现了我国火电产业碳减排方面的零突破。

- 该项目投产后年捕集量达50万吨，实现二氧化碳捕集率大于90%，封存消纳率达到100%，相当于植树近450万棵、停开经济型轿车近30万辆，将为煤电行业落实“双碳”目标、推动煤炭清洁化利用打造减碳固碳新样板。

- 2021年陕鼓联合高校和中石油相关企业发起成立了“应对气候变化和碳捕集利用与封存产业技术协同创新中心”，聚合绿色低碳技术创新资源，协同建设国际领先的“一站式”解决 碳捕集、利用与封存CCUS重大科学问题、工程问题的自主创新平台，共同推进“双碳”目标的实现。

- **2023年公司签订某用户 400 万吨/年碳捕集与封存（CCS）示范项目配套二氧化碳压缩机组，进一步优化压缩机各技术及选型参数，不断提升机组匹配性及能效，引领行业技术进步。**

5.5 杭氧股份发展历程

➢公司成立后利用在空分设备制造上的优势，产业链实现向工业气体的延伸。2017年在神华宁煤项目中标6套10万等级的空分设备，代表公司技术达到国际先进水平。随后杭氧开始不断扩展工业气体供应的下游领域，已成功进军电子行业半导体领域、氢产业。

图46：杭氧股份发展历程

- **1917年** 前身浙江陆军一师军械修理工厂开张
- **1950年** 浙江铁工厂成立
- **1956年** 国产首台套30Nm3/h **制氧机**试车成功，中国制氧机工业由此建立
- **1993年** 杭氧集团暨杭州制氧机集团公司正式成立
- **2001年** 承担首个**乙烯冷箱**国产化项目
- **2002年** 杭州杭氧股份有限公司正式成立
- **2003年** 4 月，杭氧第一家气体公司—杭州杭氧建德气体有限公司成立，杭氧气体产业从此开始蓬勃兴起
- **2007年** 杭氧牌大型空分设备被认定为“中国名牌产品”
- **2009年** 进军工程成套业务，成立化医工程公司
- **2010年** 杭氧股份正式在深圳证券交易所**上市**交易 提出“重两头、拓横向、做精品”发展战略
- **2015年** 成立特种气体研究中心
- **2017年** 8月，神华宁煤**6套100000Nm³/h空分设备**开车成功，主要指标达到国际先进水平
- **2022年** 公司更名为杭氧集团股份有限公司

资料来源：公司官网，华安证券研究所

华安证券 HUAAN SECURITIES

5.5 杭氧股份业绩指标

- 2018-2022公司收入和归母净利润CAGR分别为12.8%/13.1%，冶金等下游市场需求增长带动了杭氧股份的收入和净利润保持持续增长态势。2023三季报杭氧实现营收97.8亿元，同比+0.14%；实现归母净利润8.5亿元，同比-32.7%，利润端下滑主要系稀有气体市场价格下降、零售液体价格总体处于低位，影响气体业务盈利水平。

- 随着公司规模的不断扩大，规模效应逐渐显现，公司毛利率、净利率稳中有升，2023三季报毛利率24.3%，净利率9.2%，同比均有所下滑，主要受气体价格影响。

图47：杭氧股份营业收入

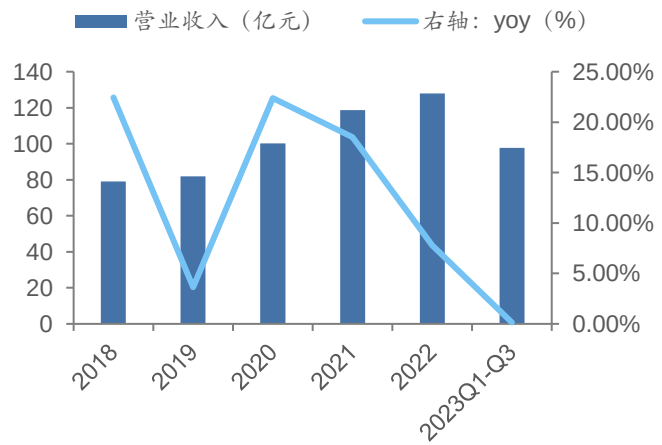


图48：杭氧股份归母净利润

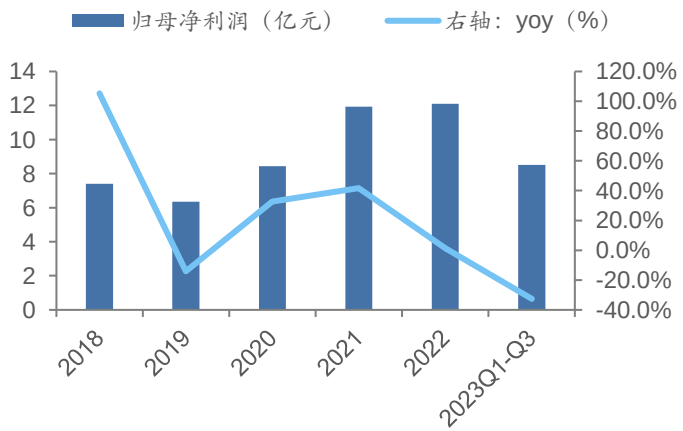
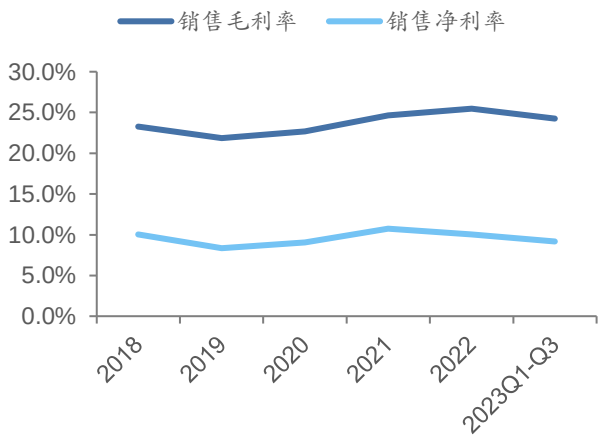


图49：杭氧股份毛利率&净利率



资料来源：Wind，华安证券研究所

5.5 杭氧股份CCUS业务

- **配套我国第一个百万吨级CCUS项目。**
  - ✓ 齐鲁石化-胜利油田百万吨级CCUS项目是CCUS全产业链示范基地和标杆工程，为国际推进CCUS规模化发展提供应用案例，为国内开展百万吨级大规模碳捕集项目积累了实践经验，对落实“碳达峰”“碳中和”目标具有重要意义。
  - ✓ 杭氧子公司杭州杭氧膨胀机有限公司研制的膨胀机在CCUS项目中承担了二氧化碳提纯和液化装置中制冷膨胀机的设计、制造和调试服务工作。是国内第一台用在CCUS项目上的膨胀机，在大规模的二氧化碳捕集和回收利用储存上是一个先例，对今后更大吨位级的CCUS项目具有指导意义。

- **10月11日，杭氧与西门子能源签订战略合作协议，双方将在推进氢、CCUS和储能领域的低碳技术开展更密切的合作。**

5.6 投资建议

图50：CCUS涉及公司

公司	2023/12/27	EPS(元)				PE（倍）				投资评级
	股价（元）	2022A	2023E	2024E	2025E	2022A	2023E	2024E	2025E	
冰轮环境	12.93	0.56	0.92	1.15	1.36	19.44	15.35	12.25	10.35	买入
冰山冷热	5.16	0.02	0.13	0.29	0.41	206.93	43.2	19.71	13.62	买入
兰石重装	6.01	0.13	0.21	0.29	0.40	45.66	29.00	21.27	15.56	买入
陕鼓动力	7.64	0.56	0.61	0.70	0.85	20.45	12.63	10.84	9.01	未评级
杭氧股份	29.37	1.23	1.23	1.57	1.91	32.02	23.96	18.74	15.40	未评级

资料来源：Wind,华安证券研究所，注：陕鼓动力、杭氧股份为Wind一致预期

风险提示

1）CCUS技术突破不及预期；

2）CCUS政策支持力度不及预期；

3）CCUS商业模式发展不及预期；

4）源汇匹配不及预期。

重要声明及评级说明

重要声明

分析师声明

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，以勤勉的执业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告，本报告所采用的数据和信息均来自市场公开信息，本人对这些信息的准确性或完整性不做任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。报告中的信息和意见仅供参考。本人过去不曾与、现在不与、未来也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收任何形式的补偿，分析结论不受任何第三方的授意或影响，特此声明。

免责声明

华安证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。本报告中的信息均来源于合规渠道，华安证券研究所力求准确、可靠，但对这些信息的准确性及完整性均不做任何保证。在任何情况下，本报告中的信息或表述的意见均不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司、本公司员工或者关联机构不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。华安证券及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供投资银行服务或其他服务。

本报告仅向特定客户传送，未经华安证券研究所书面授权，本研究报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。如欲引用或转载本文内容，务必联络华安证券研究所并获得许可，并需注明出处为华安证券研究所，且不得对本文进行有悖原意的引用和删改。如未经本公司授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。本公司并保留追究其法律责任的权利。

投资评级说明

以本报告发布之日起6个月内，证券（或行业指数）相对于同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准，
A股以沪深300指数为基准；新三板市场以三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以纳斯达克指数或标普500指数为基准。定义如下：

行业评级体系

增持—未来 6 个月的投资收益率领先市场基准指数 5%以上;
中性—未来 6 个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差-5%至 5%;
减持—未来 6 个月的投资收益率落后市场基准指数 5%以上;

公司评级体系

买入—未来6-12个月的投资收益率领先市场基准指数15%以上；
增持—未来6-12个月的投资收益率领先市场基准指数5%至15%；
中性—未来6-12个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差-5%至5%；
减持—未来6-12个月的投资收益率落后市场基准指数5%至；
卖出—未来6-12个月的投资收益率落后市场基准指数15%以上；
无评级—因无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件，或者其他原因，致使无法给出明确的投资评级。

华安证券
HUAAN SECURITIES

谢谢！

欢迎关注华安机械团队