

东营市二氧化碳捕集、利用与封存 (CCUS)

产业发展规划

2024 年 11 月

前言

近年来，东营市、胜利油田深入贯彻习近平总书记对山东工作和视察东营、胜利油田重要指示要求，携手服务保障国家能源安全、积极推动绿色低碳高质量发展，实现国内首个百万吨级二氧化碳捕集利用与封存（CCUS）项目顺利投产，示范效应彰显。扎实推进山东省 CCUS 重点实验室建设，加速突破一批关键技术，精准谋划一批重大项目，应用场景更加丰富。东营市 CO₂ 化工利用能力已达 22 万吨。山东省将东营市碳捕集利用与封存产业集群确定为首批未来产业集群。

为明确 CCUS 产业发展目标任务、思路举措和重点工作，凝聚油地校企多方资源力量，全力支持油田探索 CO₂ 驱油，以地质封存为重点，大力推进建设 CO₂ 工业和农业利用、各类耦合利用等全方位发展的 CCUS 产业体系，为全省乃至全国实现“双碳”战略目标作出更大贡献。根据市政

府对全市 CCUS 产业的总体部署，特制定《东营市二氧化碳捕集、利用与封存（CCUS）产业发展规划》。

本规划以 2023 年为基准年，规划期到 2035 年，展望到 2060 年。

目 录

一、发展现状.....	- 3 -
(一) 基础条件	- 3 -
(二) 存在问题	- 8 -
(三) 面临形势	- 10 -
二、总体要求.....	- 12 -
(一) 指导思想	- 12 -
(二) 基本原则	- 13 -
(三) 发展目标	- 14 -
(四) 空间布局	- 16 -
三、重点任务.....	- 20 -
(一) 深化拓展 CO ₂ 资源化利用领域.....	- 20 -
(二) 有序提升 CO ₂ 封存规模	- 24 -
(三) 不断提高碳捕集与运输能力.....	- 25 -
(四) 建立健全全链条 CCUS 风险评估与预警预报体系	- 28 -
(五) 高质量打造 CCUS 驱油封存领域装备制造及工程服务业体系	- 30 -
(六) 积极构建完整的标准规范体系	- 32 -
(七) 完善高水平技术研发创新体系	- 33 -

(八) 着力提升“US”对区域经济社会发展的支撑能力	- 34 -
四、环境影响分析	- 36 -
(一) 规划实施环境影响分析	- 36 -
(二) 环境影响减缓对策措施	- 37 -
五、保障措施	- 38 -
(一) 加强组织领导	- 38 -
(二) 创新政策供给	- 39 -
(三) 强化统筹协调	- 39 -
(四) 鼓励科技研发与示范	- 40 -
(五) 拓宽多元融资渠道	- 40 -
(六) 强化国内外交流	- 41 -

习近平总书记在 2021 年 10 月视察东营市时，强调指出东营和胜利油田要发挥优势，加快以二氧化碳捕集利用与封存（Carbon Capture, Utilization and Storage，CCUS）技术为代表的绿色低碳发展技术创新研发和产业化发展，提高能源供给质量、利用效率和减碳水平，为实现我国“碳达峰、碳中和”战略目标、保障我国能源安全作出积极探索和贡献。为落实习近平总书记重要指示要求，东营市和胜利油田部署开展《东营市二氧化碳捕集、利用与封存产业发展规划》的编制，进一步明确东营市 CCUS 产业发展的目标方向、重点任务，为东营市高质量发展 CCUS 产业提供指导。

作为中国石油化工产业的重要基地，东营市积极推进 CCUS 产业发展，对于提升能源安全保障水平和绿色低碳高质量发展具有重要意义。同时，CCUS 产业发展将带动相关技术研发、配套装备制造业、技术服务、标准建设以及创新研发体系的完善，为东营区域经济发展开拓新的路径，培育新兴产业形态，推动东营市乃至山东省构建以绿色低碳发展和科技创新为核心的发展模式，为推进“双碳”目标实

现与可持续发展提供有力支撑。

本规划涉及范围主要在东营市行政区域，考虑到胜利油田发展实际，部分工程布局延伸到周边区域。

一、发展现状

CO₂ 捕集利用与封存是指将 CO₂ 从工业、能源生产等排放源或空气中捕集分离，并输送到适宜的场地加以利用或封存，最终实现 CO₂ 减排的过程，包括捕集、输送、利用及封存多个环节。CCUS 是全球碳中和技术体系的重要组成部分，是实现《巴黎协定》温升控制目标的托底技术。

(一) 基础条件

优质的源汇匹配条件。我市是全国最大的炼化产业基地、全省化工第一大市。我市石化企业副产高浓度CO₂尾气超过1000万吨/年，富集低成本规模化的“碳源”。我市地处渤海湾盆地济阳拗陷（含东营凹陷），地下含有大量的油气资源和咸水层资源，可形成规模化利用封存的“碳汇”。对东营凹陷油藏CO₂强化石油开采（CO₂-EOR）的潜力评估结果显示，我市行政区域内油田区块理论碳封存量4亿吨，经济封存量可达2亿吨以上；经济原油增采约7000万吨量级；渤海湾盆地济阳拗陷的CO₂理论封存容量400亿吨规模（我市行政区内容量约110亿吨量级，东营凹陷60亿吨量级），东营市毗邻渤海湾盆地（陆地

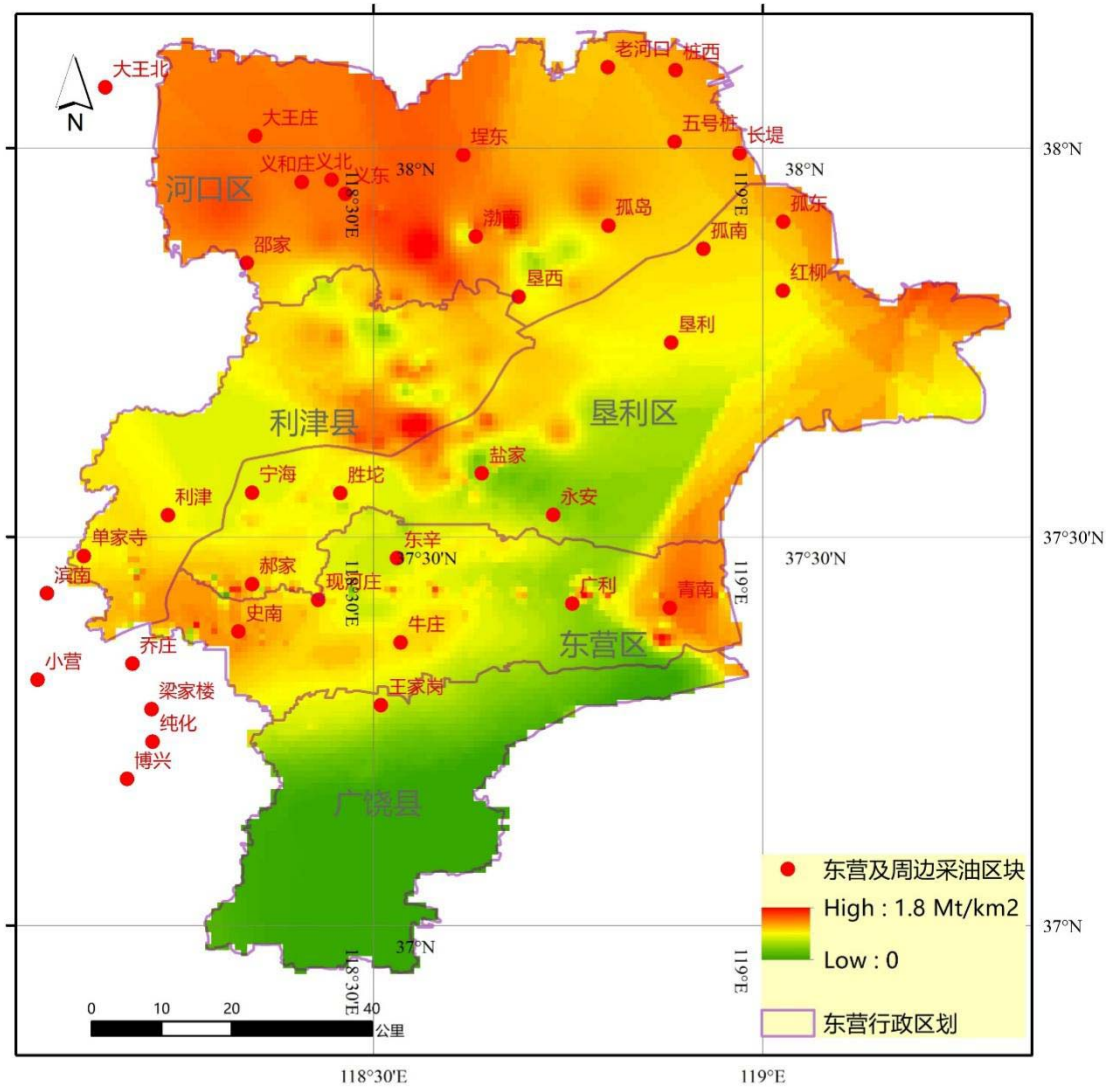


图 1(b) 东营行政范围内咸水层与油田分布图（封存容量密度单位： Mt/km^2 ）

高端的技术储备。自20世纪60年代以来，胜利油田持续开展CCUS相关技术研究，于2008年启动滩坝砂、浊积岩、砂砾岩等3种油藏类型的 CO_2 驱矿场实践项目。2010年建成国内首个燃煤电厂的 CO_2 捕集示范项目。开展莱113区块先导试验，攻克复杂储层混相难、易气窜的难题。2022年全面建成投产百万吨级CCUS全流程示范工程。经过机理研究—提高采收率先导试验—

全流程示范工程优化与建设的发展阶段，胜利油田形成了CO₂高效捕集、管道输送、油藏工程、注采工艺、集输回注、环境监测等六大技术系列，研发了多套完全自主知识产权装备，技术装备涵盖由CO₂捕集到驱油封存的CCUS全产业链环节，支撑了CCUS项目安全绿色高效运行。

扎实的产业基础。我市是首个被中国石油和石油化工设备工业协会授予“中国石油装备制造业基地”称号的城市，是国内最大的石油装备制造业基地，也是CCUS驱油封存领域国内最全的装备基地。我市相关企业深度参与CCUS驱油封存领域高端装备与工程服务领域。在高端装备与新材料制造领域，东营熙成石油机械制造有限公司参与了国内首台套的密相CO₂注入泵的研制与应用，胜利油田胜机石油装备有限公司参与了国内首台套的液态CO₂注入装备、气密油管的研制与应用，山东华瑞达精密仪器有限公司参与了超高压CO₂质量流量计、各类CO₂专用分析仪与仪表的研制与应用，胜利油田兴达高祥新材料有限责任公司参与了电加热柔性复合管的研制与应用；在工程服务领域，胜利油田

孚瑞特石油工程有限公司提供了35MPa级带压作业施工技术服务。除去CO₂输送领域的泵、电动阀、阀门以外，全市已形成其余的涵盖碳捕集、利用、装备制造、技术服务等CCUS驱油封存领域的全产业链条。化工大市为CO₂的化工利用奠定了产业坚实基础。

成熟的研发平台。依托“山东省碳捕集利用与封存”“中石化碳捕集、利用与封存（CCUS）”“中石化气驱提高石油采收率”三个省部级重点实验室，建成了CO₂捕集、CO₂驱油与封存、注采与腐蚀控制、监测与评价四大科研平台，拥有碳捕集技术实验室、碳捕集工程实验室、CO₂驱油与地质封存实验室、CO₂动态监测与环境监测实验室、碳足迹实验室等5个专业化实验室，大型设备185台套，实验场地12000余平方米，为CCUS技术的研究和创新提供了重要的平台和支持。基于胜利油田（东营区域）的开发及CCUS科研攻关与矿场实践，对济阳坳陷积累了丰富的地质勘察、井震资料和多源场地表征数据与油气藏生产数据，具备了门类齐全的CCUS地质勘察、封存安全性评价等能力。

完善的统筹协调机制。市政府高度重视CCUS产业发展，出台了多项支持CCUS发展的规划、政策，为CCUS产业的推广应用创造了良好的环境。银行机构开发了相关绿色金融产品，累计发放碳排放权抵押贷款和热能特种经营权抵押贷款5000万元、低碳转型贷款3亿元。我市油地校融合发展模式为CCUS产业发展提供了有力的组织支撑。创新合作开发模式，推动胜利油田与中石化碳产业科技股份有限公司成立合资公司，共同开展二氧化碳捕集、运输、利用、封存及碳资产开发。地方政府、胜利油田、科研院所和相关企业多方联合成立“东营市碳捕集利用与封存（CCUS）全产业链发展联盟”，促进“政产学研用金”深度融合，推动CCUS产业发展。

（二）存在问题

沉积与构造环境复杂。渤海湾盆地（济阳拗陷-东营凹陷）具有多沉积韵律与多构造的环境特性，导致CCUS规模化注入及封存面临诸多技术难题，如复杂地质体表征与工程设计、规模化注入与资源开采协同、防窜与调剖技术、

风险预测与管理技术等，CCUS 技术研发及产业规模化发展的难度大。

全产业链发展存在不确定性。点状分布、规模小的项目“源”限制了 CCUS 产业的规模化发展。我市虽有神驰化工公司港城热力公司、海科瑞林公司、科瑞油气装备公司等 9 家企业研发及应用 CCUS 捕集技术，但项目规模较小，约为 8-25 万吨。在地质利用方面，CO₂-EOR 示范项目可实现 0.1-0.4 吨石油/吨 CO₂ 的换油率，较美国 EOR 效率低。虽然在高油价下有正向投资回报，但仍低于水驱效益。在环境要素市场有待健全、碳权变现机制有待突破的现状下，如果没有额外激励措施，CCUS 项目经济效益难以保障。

有效商业模式单一。CCUS 项目跨越能源、建材、化工、油气、地矿等领域，其准入、运营、监管涉及多个环节的协同合作，目前我市 CCUS 项目主要采用垂直一体化的商业运营模式，即由单一企业投资运营，跨越众多行业与领域，各领域的 CCUS 项目普遍面临各抓一面、分段规划和成本高、投入产出效果低的问题，导致技术研发与投资风

险高。

政策机制有待完善。与国际上拥有丰富 CCUS 应用经验的国家和地区相比，我市 CCUS 发展的相关支持政策仍有待完善。一方面，激励机制有限，难以抵消 CCUS 项目成本，影响了 CCUS 规模化发展；另一方面，相应监管措施，如监管技术、法律法规、标准规范等仍在建设中，CCUS 项目中各利益相关方的权、责、利不尽明确，产业化发展面临较多挑战。

（三）面临形势

从世界范围来看，全球 CCUS 产业呈现快速发展态势，各国加快布局抢占机遇。美国、欧盟、英国、加拿大和日本等国都推出了各种支持政策，将 CCUS 上升到国家战略高度。CCUS 已从战略储备技术快速升级为现实解决方案。“十四五”期间，我国首次在五年规划中提及 CCUS，在战略层面强调了 CCUS 示范工程的重要性，明确将 CCUS 技术作为重大示范项目进行引导支持，进一步突出“全流程”“规模化”等要求，预示着我国 CCUS 将进入大规模工业示范发

展阶段。国家出台了各类政策文件，涉及规划、标准、路线图、技术目录等，对 CCUS 技术研发、标准和融资等方面作出积极部署。截至 2022 年底，我国已投运和规划建设中的 CCUS 驱油封存领域示范项目达 98 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，同比提升约 33% 和 65%。目前中国项目覆盖了大多数行业，但规模较小，项目与商业化大规模运行的工程化应用存在差距。截至 2023 年底，全球各阶段驱油封存领域商业化项目达 376 个，其中投运 43 个、建设中 28 个，其余处在开发阶段，年总捕集规模达到 3.73 亿吨。

从技术发展来看，CCUS 新技术加速迭代。CO₂ 捕集源涵盖火电、油气、化工、水泥、钢铁等多个行业，低成本、低能耗的新一代捕集技术呈现爆发态势，正由中试逐渐向工业示范过渡。CO₂ 运输技术正由罐车和船舶运输向管道运输（多种方式协同模式）发展。CO₂ 利用方式仍以地质利用为主，但化学与生物利用项目也在逐年增加。CO₂ 地质封存主要包含陆上/海域咸水层封存和枯竭油气田封存等。近年

来，国内部分企业开展海域咸水层封存示范工程。CCUS 示范项目正逐步从单一环节的技术应用过渡到全流程多环节的综合性集成与集群式应用。中石化、中石油、中海油、国家能源集团等众多企业均开始了数百万吨到千万吨级驱油封存领域 CCUS 集群的规划与规模化路径探索。

从我市自身发展现状来看，新旧动能转化面临战略机遇。我市是我国重要的能源和化工基地之一，传统化石能源占比高，碳排放总量和强度较高，CCUS 技术的发展应用可以为我市“双碳”目标的实现托底，并为我市实现绿色低碳转型提供新动能。山东省将我市碳捕集利用与封存产业集群列入首批未来产业集群名单。我市提出在全省绿色低碳高质量先行区建设中打造“东营样板”，共建现代能源经济示范区，将油地共建“碳源汇匹配”平台发展绿色低碳产业作为重点事项，CCUS 产业发展已经进入快车道。

二、总体要求

(一) 指导思想

坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，

全面贯彻党的二十大精神，深入落实习近平总书记对山东工作和视察东营重要指示要求，完整、准确、全面贯彻新发展理念，以黄河流域生态保护和高质量发展重大国家战略为统领，围绕建设绿色低碳高质量发展先行区东营样板，锚定“走在前、开新局”、率先实现“双碳”战略发展目标，集中资源攻克关键核心技术，全面增强 CCUS 技术示范效应，引领提升产业化应用水平，夯实未来产业发展托底能力，全力把我市打造为国家 CCUS 产业基地和环渤海区域 CCUS 产业枢纽，为经济社会绿色低碳发展提供示范、作出贡献。

（二）基本原则

政府引导，市场运作。突出政府引导效应，汇聚发展资源要素，营建 CCUS 产业发展生态圈，前瞻性布局 CCUS 技术示范推广项目。探索建立 CCUS 相关法规标准体系，促进 CCUS 产业化规模化应用。充分发挥市场主体作用，激发市场活力，在技术创新迭代、商业模式探索方面实现突破。

稳妥推进，示范先导。紧跟国内外 CCUS 技术发展态

势，立足我市人才优势和技术积累，积极开展科研技术创新和设备研发应用，丰富应用场景，以做大炼化、火电捕集，做优百万吨级 CCUS 项目为导向，有序促进 CCUS 全流程多环节集成发展。

自主创新，开放合作。依托 CCUS 项目示范引导，探索攻克具备自主知识产权的核心技术和产业装备。充分发挥我市区位优势，布局区域管网和运输体系，打造环渤海地区 CCUS 产业枢纽，为区域实现碳中和提供支撑。开展国际交流与合作，利用全球 CCUS 创新资源，探索合作新模式。

安全环保，绿色低碳。坚持安全为先，强化 CO₂ 捕集、运输、利用、封存等全产业链重大安全风险防控。建立健全安全标准与规范体系，强化与新能源体系的耦合应用。加强相关人员安全培训，提高计量检测和监测预警能力。

(三) 发展目标

总体目标。建立适合我市资源禀赋与产业特点的 CCUS 技术体系和关键装备，形成 CCUS 工程化、规模化与产业

化体系，建成具有成本竞争力的亿吨级 CCUS 产业集群，
打造国家级 CCUS 产业基地和环渤海区域 CCUS 产业枢纽。

阶段目标。到 2025 年，产业发展经验积累与技术储备阶段。做优做强国内首个百万吨级 CCUS 示范项目，形成多类油藏 CCUS 技术储备，打造装备制造及工程服务业体系，CO₂ 驱油封存能力达到 100 万吨/年。化工利用能力超过 50 万吨。

到 2030 年，为规模化设计与示范阶段。完成多个地质利用与封存场地的详细勘察与评估，开展多项化工与生物利用的试验示范。建设 2~3 个百万吨级 CCUS 项目，实现 CO₂ 捕集能力达 500 万吨以上，CO₂ 驱油封存能力达 200 万吨/年以上，咸水层封存能力达 100 万吨/年以上，化工利用能力达 100 万吨/年以上。

到 2035 年，为 CCUS 产业基本形成阶段。大幅降低成本，建成多个百万吨级全流程 CO₂ 驱油与封存项目、多个十万吨级化工与生物利用技术示范项目，建立多个百万吨 CO₂ 咸水层封存示范工程，CO₂ 捕集能力达到千万吨级别，

建设 CO₂ 输送管网，初步形成小规模集群，并规划千万吨级 CCUS 集群。

展望 2060 年，实现 CCUS 集群与多行业融合发展，建成亿吨级 CO₂ 骨干管网，成为环渤海地区 CCUS 重要枢纽，为毗邻区域实现碳中和目标奠定基础。

(四) 空间布局

1. 驱油封存行业的空间布局

立足区域产业布局形成的“碳源”类型与分布形态，优先捕集高浓度 CO₂，重点发展炼化、火电主要排放源捕集技术；综合考虑 CO₂ 地质利用规模效益与封存的地质条件和潜在风险，按照封存场地就近原则，规模化咸水层封存避开城市人口稠密区域与废弃井密集区块。以满足近期胜利油田 CO₂-EOR 地质利用为主要方式，远期咸水层封存，依据“源汇匹配”要求，在全市范围内规划建设北、中、西、南四大集群。

北部集群，以东营港经济开发区和河口区、利津滨海新区内的各类产业园区为主体范围，兼顾其他零散“碳源”。

区域内碳排放量超过 1290 万吨/年，排放源以石化和电力企业为主。“碳汇”以桩西、孤东和河口油区油藏和咸水层为主要应用区域。本区内 CCUS 集群规划建设 CO₂ 运输管网，将捕集的 CO₂ 通过管道输送到各油区油藏进行驱油利用，或将 CO₂ 注入地下咸水层，实现 CO₂ 驱油封存或地质封存。

中部集群，范围覆盖东营区、垦利区、东营经济技术开发区等区域内的各类产业园区，同时覆盖其他零散“碳源”。

区域内碳排放量超过 650 万吨/年，排放源以石化、电力企业为主。“碳汇”以现河、东辛和胜坨采油区油藏和咸水层为主要应用区域。本区内 CCUS 集群规划建设 CO₂ 运输管网，将捕集的 CO₂ 通过管道输送到各油区油藏进行驱油利用，或将 CO₂ 注入地下咸水层，实现 CO₂ 驱油封存或地质封存。

西部集群，范围以利津县内的各类产业园区为主体，同时涵盖其他零散“碳源”。区域内碳排放量超过 750 万吨/年，排放源以石化、电力企业为主。“碳汇”以纯梁、利津和渤南油区油藏和咸水层为主要应用区域。本区内 CCUS 集群规划建设 CO₂ 运输管网，或应用汽车进行罐装运输，将捕集

的 CO₂ 输送到各油区油藏进行驱油利用，或将 CO₂ 注入地下咸水层，实现 CO₂ 驱油封存或地质封存。

南部集群，范围以广饶县内的各类产业园区为主体，同时涵盖其他零散“碳源”。区域内碳排放量超过 1520 万吨/年，排放源以石化、橡胶、电力企业为主。“碳汇”以牛庄、现河油区油藏和孤东、孤南油区咸水层为主要应用区域。本区内 CCUS 集群规划建设 CO₂ 运输管网，或应用汽车进行罐装运输，将捕集的 CO₂ 通过管道输送到各油区油藏进行驱油利用，或将 CO₂ 注入地下咸水层，实现 CO₂ 驱油封存或地质封存。

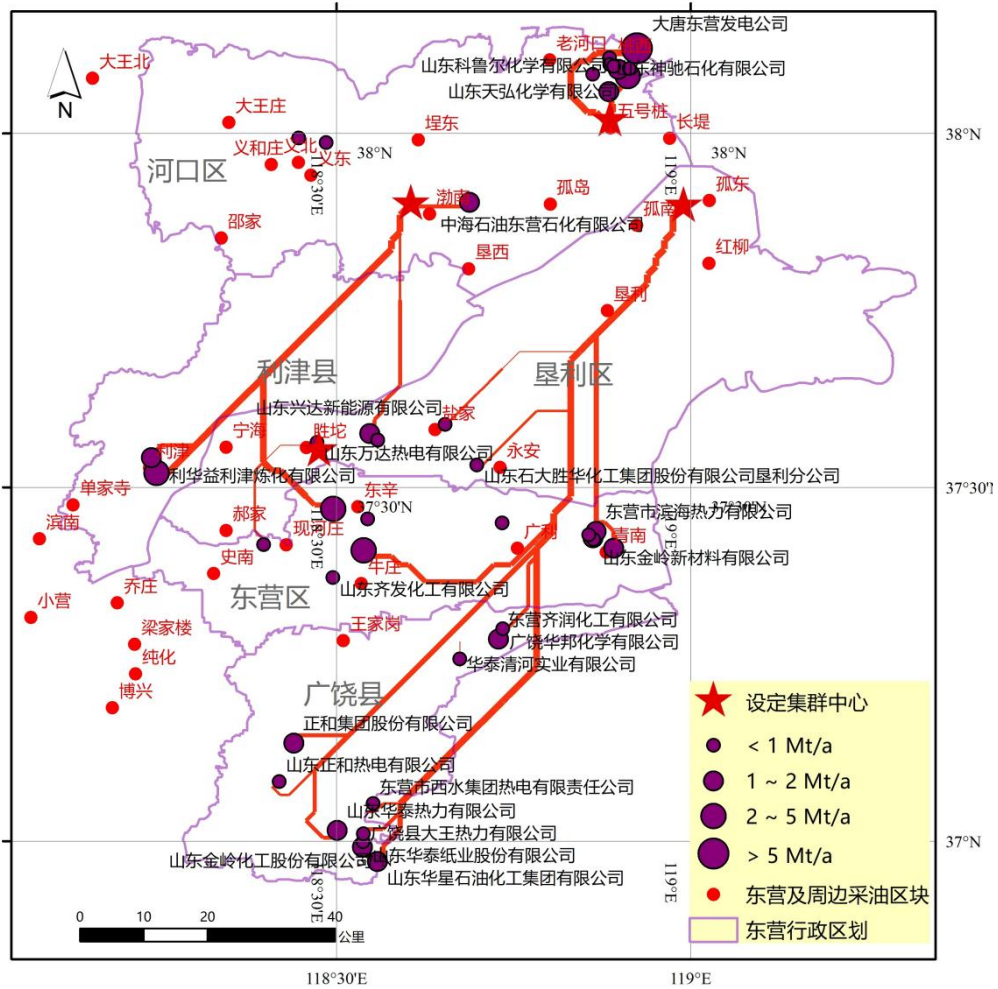


图 2 四大集群空间分布规划图（未来可能管网布局）

远期考虑，借助渤海湾盆地内济阳拗陷与海域渤中拗陷等碳封存资源优势，通过汽车、船舶或管道等综合输送方式，汇集毗邻区域捕集的 CO_2 ，全力打造国家级 CCUS 产业基地和环渤海区域 CCUS 产业枢纽。

2.化工利用行业的布局

布局在合规的化工园区内，坚持便于产业链上下游有

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/626004135212011004>