

内蒙古自治区现代煤化工产业规划类 专利导航分析报告



内蒙古自治区市场监督管理局（知识产权局）
国家知识产权局专利局专利审查协作天津中心

目 录

第一章 产业概况分析	- 1 -
1.1 现代煤化工产业链概况	- 1 -
1.2 现代煤化工产业发展概况	- 2 -
1.3 内蒙古自治区相关高校与科研院所	- 3 -
1.4 相关产业政策	- 4 -
1.5 内蒙古自治区现代煤化工产业发展面临的问题	- 5 -
第二章 产业发展方向导航	- 6 -
2.1 现代煤化工产业发展整体概述	- 6 -
2.2 煤制油产业发展方向	- 7 -
2.2.1 全球煤制油产业专利整体概况	- 7 -
2.2.2 专利布局揭示产业发展方向	- 8 -
2.2.3 技术研发热点方向	- 9 -
2.3 煤制烯烃产业发展方向导航	- 10 -
2.3.1 全球煤制烯烃产业专利整体概况	- 10 -
2.3.2 专利布局揭示产业发展方向	- 12 -
2.3.3 技术研发热点方向	- 13 -
2.4 煤制乙二醇产业发展方向导航	- 14 -
2.4.1 全球煤制乙二醇产业专利整体概况	- 14 -
2.4.2 专利布局揭示产业发展方向	- 16 -
2.4.3 技术研发热点方向	- 16 -
2.5 煤制芳烃产业发展方向导航	- 17 -
2.5.1 全球煤制芳烃产业专利整体概况	- 17 -
2.5.2 专利布局揭示产业发展方向	- 19 -
2.5.3 技术研发热点方向	- 19 -
2.6 煤制气产业发展方向导航	- 20 -
2.6.1 全球煤制气产业专利整体概况	- 20 -
2.6.2 专利布局揭示产业发展方向	- 21 -
2.6.3 技术研发热点方向	- 22 -
2.7 CCUS 产业发展方向导航	- 23 -
2.7.1 全球 CCUS 产业专利整体概况	- 23 -
2.7.2 专利布局揭示产业发展方向	- 24 -
2.7.3 技术研发热点方向	- 25 -
2.8 水处理产业发展方向导航	- 28 -

2.8.1	全球水处理产业专利整体概况	- 28 -
2.8.2	专利布局揭示产业发展方向	- 30 -
2.8.3	技术研发热点方向	- 32 -
第三章	区域产业定位	- 34 -
3.1	区域产业结构定位	- 34 -
3.2	煤制油产业定位	- 35 -
3.2.1	产业发展定位	- 35 -
3.2.2	企业创新实力定位	- 36 -
3.2.3	创新人才储备定位	- 37 -
3.2.4	技术创新实力定位	- 38 -
3.3	煤制烯烃产业定位	- 40 -
3.3.1	产业发展定位	- 40 -
3.3.2	企业创新实力定位	- 40 -
3.3.3	创新人才储备定位	- 41 -
3.3.4	技术创新实力定位	- 42 -
3.4	煤制乙二醇产业定位	- 44 -
3.4.1	产业发展定位	- 44 -
3.4.2	企业创新实力定位	- 44 -
3.4.3	创新人才储备定位	- 45 -
3.4.4	技术创新实力定位	- 46 -
3.5	煤制芳烃产业定位	- 48 -
3.5.1	产业发展定位	- 48 -
3.5.2	企业创新实力定位	- 49 -
3.5.3	创新人才储备定位	- 49 -
3.5.4	技术创新实力定位	- 50 -
3.6	煤制气产业定位	- 52 -
3.6.1	产业发展定位	- 52 -
3.6.2	企业创新实力定位	- 52 -
3.6.3	创新人才储备定位	- 53 -
3.6.4	技术创新实力定位	- 54 -
3.7	CCUS 产业定位	- 56 -
3.7.1	产业发展定位	- 56 -
3.7.2	企业创新实力定位	- 56 -
3.7.3	创新人才储备定位	- 57 -

3.7.4	技术创新实力定位	- 58 -
3.8	水处理产业定位	- 60 -
3.8.1	产业发展定位	- 60 -
3.8.2	企业创新实力定位	- 60 -
3.8.3	创新人才储备定位	- 61 -
3.8.4	技术创新实力定位	- 61 -
第四章	区域产业发展路径导航	- 63 -
4.1	区域产业结构优化路径	- 63 -
4.2	煤制油产业发展路径导航	- 65 -
4.2.1	创新主体培育与引进路径	- 65 -
4.2.2	人才培育与引进路径	- 67 -
4.2.3	创新能力提升路径	- 69 -
4.2.4	关注失效专利，防止重复研发	- 70 -
4.3	煤制烯烃产业发展路径导航	- 71 -
4.3.1	创新主体培育与引进路径	- 71 -
4.3.2	人才培育与引进路径	- 72 -
4.3.3	创新能力提升路径	- 73 -
4.3.4	关注失效专利，防止重复研发	- 76 -
4.4	煤制乙二醇产业发展路径导航	- 79 -
4.4.1	创新主体培育和引进路径	- 79 -
4.4.2	人才培养与引进	- 80 -
4.4.3	创新能力提升路径	- 82 -
4.4.4	关注失效专利，防止重复研发	- 83 -
4.5	煤制芳烃产业发展路径导航	- 84 -
4.5.1	创新主体培育与引进路径	- 84 -
4.5.2	人才培育引进路径	- 86 -
4.5.3	创新能力提升路径	- 87 -
4.5.4	关注失效专利，防止重复研发	- 88 -
4.6	煤制气产业发展路径导航	- 88 -
4.6.1	创新主体培育与引进路径	- 88 -
4.6.2	人才培育引进路径	- 89 -
4.6.3	创新能力提升路径	- 90 -
4.6.4	关注失效专利，防止重复研发	- 91 -
4.7	CCUS 产业发展路径导航	- 92 -

4.7.1	创新主体发展路径	- 92 -
4.7.2	人才培养与引进	- 93 -
4.7.3	创新能力提升路径	- 96 -
4.7.4	关注失效专利，防止重复研发	- 98 -
4.8	水处理产业发展路径导航	- 99 -
4.8.1	创新主体发展路径	- 99 -
4.8.2	人才培养与引进	- 100 -
4.8.3	创新能力提升路径	- 102 -
4.8.4	关注失效专利，防止重复研发	- 105 -
第五章	现代煤化工产业高价值专利的转化与应用	- 107 -

第一章 产业概况分析

1.1 现代煤化工产业链概况

现代煤化工指以煤炭为基本原料，经过化学的一系列加工过程，使得煤炭洁净转化为气体、液体和固体燃料以及化学品的过程。现代煤化工，是和以煤制焦炭、电石等传统煤化工相区分而提出的一个概念，业内又称新型煤化工。现代煤化工的范畴主要包括煤的洁净气化、热解、净化、合成、煤的液化及中间产品深加工等范围。现代煤化工通常指煤制油、煤制甲醇、煤制烯烃、煤制芳烃、煤制天然气、煤制乙二醇以及燃气蒸汽联合循环发电和现代环保技术等以生产洁净能源和可替代现代煤化工产品为主的新兴产业，在“双碳”战略的实施和环保要求日趋严格的背景下，现代煤化工相关的 CCUS、水处理技术创新尤显重要。

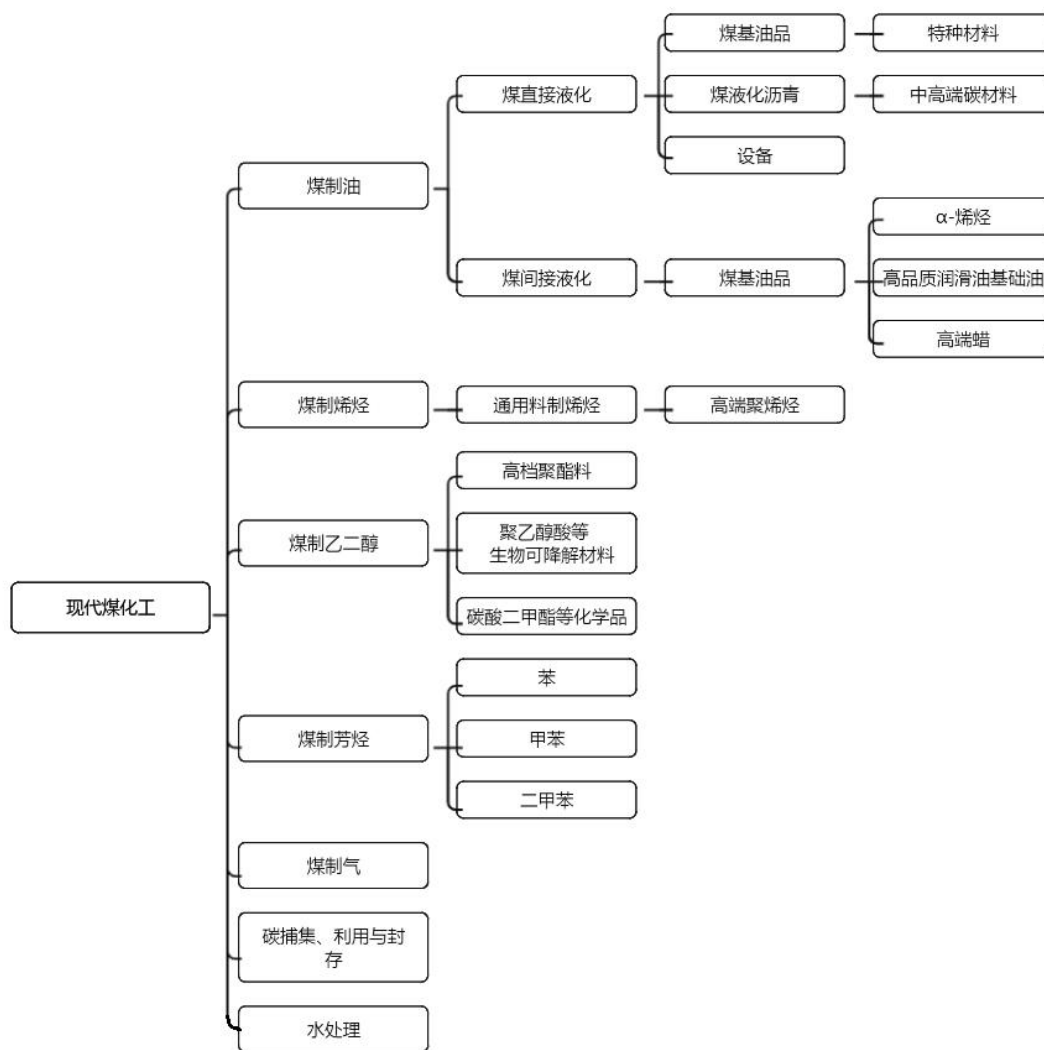


图 1-1 现代煤化工产业链概况

1.2 现代煤化工产业发展概况

全球技术创新推动产业发展，我国“双碳”背景下产业迎来发展新机遇

18 世纪中叶到 19 世纪初，煤焦化技术和城市煤气化技术的突破，开创了煤化工发展的第一个里程碑；20 世纪初，费托合成技术的突破和合成气技术的利用，开创了煤化工发展的第二个里程碑；20 世纪 90 年代，以美国环球石油公司和中科院大连化物所煤制烯烃（MTO）技术为代表的产业化应用，实现了不以石油为原料的化工技术路径的新突破，开创了现代煤化工发展的第三个里程碑。我国在“双碳”目标的新形势下，走出一条以煤炭为原料生产高端有机化学品过程的高端化、低碳化、绿色化新路子。

我国现代煤化工产业发展迅猛，煤制烯烃、乙二醇、天然气发展较快

从我国煤炭消费结构来看，电力、钢铁、建材、化工四大行业煤炭消费量占总消费比重超过 90%，并且煤炭在化工各行业的消费量逐年上升。现代煤化工主要产品产能、产量保持世界第一。

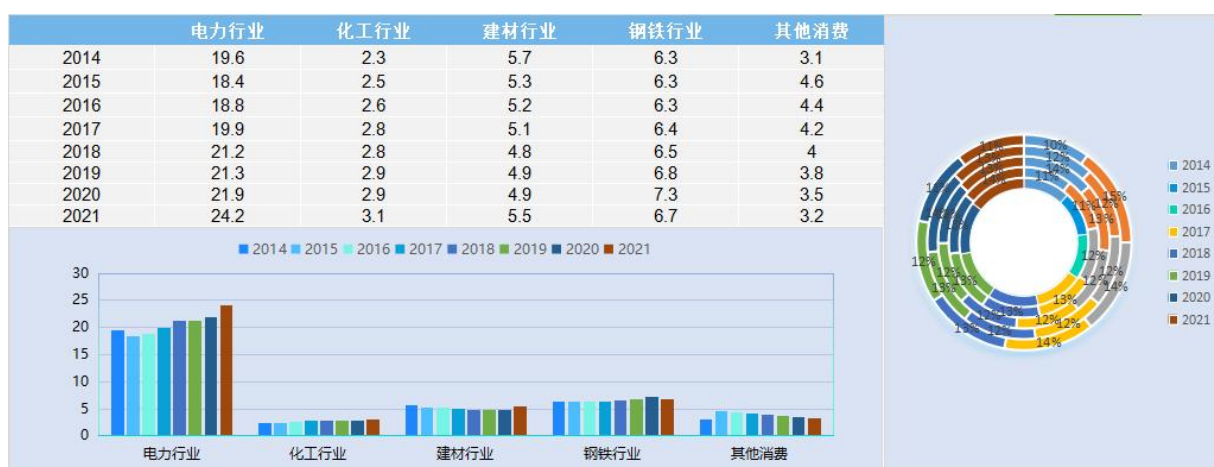


图 1-2 2014—2021 年中国煤炭消费结构变化 (%)

表 1-1 截至 2023 年我国现代煤化工项目统计（已投产、在建、拟建）

现代煤化工	已投产	在建	拟建
煤制天然气	5	5	25
煤制烯烃	28	24	27
煤制油	12	5	6
煤制乙二醇	32	10	34

煤制芳烃	1	2	4
煤制乙醇	2	6	5
煤基材料	0	9	10
合计	80	61	111

根据统计，目前煤制天然气、煤制烯烃与煤制乙二醇在建项目和拟建项目远远领先于其他现代煤化工行业，可以说明当前现代煤化工产业在上述 3 个行业的布局遥遥领先。全国已投产煤化工项目 80 个，在建项目 61 个，拟建项目 111 个，项目数量总计 252 个。“十四五”期间，国家实施“双碳”战略的背景下，煤化工产业还要面临更大的碳减排阻力，需要进一步推动其在绿色低碳方面的发展进程。出于中国目前能源结构和经济发展的考量，煤炭在化工领域的作用短时间还难以被完全替代，因而煤炭的清洁高效利用是煤化工领域发展的重点。

区域产业发展基础各有差异，内蒙古自治区优势显著

内蒙古、陕西、宁夏、新疆和山西在发展现代煤化工产业较全国其他地域具有显著的优势。其中陕西榆林、新疆准东和哈密地区 3 个煤炭基地，具备规模化建设的条件。陕西榆林具有配套设施健全、国家级工业园区成熟、原料供应及产品销售便捷等优势条件。新疆准东和哈密由于远离市场、产业发展基础薄弱。内蒙古鄂尔多斯资源条件、产业发展基础以及能源化工产品化通道便利，在发展现代煤化工产业上具有显著优势。

现代煤化工产业链建设情况上，2023 年内蒙古自治区煤制气产能达到 40.8 亿立方米，居全国第 1 位，产量 28.9 亿立方米。煤制烯烃产能 359 万吨、产量 389 万吨，煤制油产能 124 万吨、产量 115 万吨，煤制乙二醇产能 144 万吨、产量 68 万吨，煤制甲醇产能 740 万吨、产量 763 万吨。根据 2023 年 7 月 1 日内蒙古自治区政府公布数据，全区煤制气产能居全国第一位，煤制油、煤制烯烃、煤制乙二醇产能均居全国第二位。

1.3 内蒙古自治区相关高校与科研院所

随着“科技兴蒙”合作机制的不断拓展深化，聚力支撑煤化工产业创新发展，内蒙古自治区不断加强与高校、科研院所等深度合作，有效集聚了技术、人才、资金创新要素。目前，内蒙古自治区已建成的研究创新主体如表所示。

表 1-2 内蒙古自治区已建成的主要研究创新主体

主体	成立时间	合作单位/团队	方向/领域
内蒙古自治区煤炭化学重点实验室	2007 年	内蒙古大学	煤炭化学与天然气化学等
内蒙古自治区煤化工废水处理与资源化工程技术研究中心	2015 年	内蒙古大学生态与环境学院	煤化工废水处理与资源化、烟气污染物控制等
鄂尔多斯碳中和研究院	2021 年	金之钧院士	碳减排、碳转化、碳捕捉、碳封存等
清华大学—鄂尔多斯碳中和协同创新专项	2022 年	清华大学碳中和研究院与鄂尔多斯市人民政府	工业深度减排、减污降碳协同增效、CCUS 与碳汇、双碳规划与系统优化集成等
北京大学鄂尔多斯能源研究院	2022 年	北京大学与鄂尔多斯市人民政府	“能源战略与碳中和路径”“节能减碳”“二氧化碳捕集利用与封存”等
中国矿业大学（北京）内蒙古研究院	2022 年	中国矿业大学（北京）与鄂尔多斯市人民政府	智慧矿山、绿色矿山、煤炭清洁高效开发利用、煤炭共伴生矿产开发等重点领域
鄂尔多斯实验室	2023 年	清华大学与鄂尔多斯市人民政府	新型煤化工、绿色能源、工业热储能、新材料宏量制备四大方向

1.4 相关产业政策

表 1-3 我国现代煤化工产业主要政策

政策规划	时间	相关内容
《关于推动现代煤化工产业健康发展的通知》	2023	推进高性能复合新型催化剂、合成气一步法制烯烃、一步法制低碳醇醚等技术创新，聚焦大型高效煤气化、新一代高效甲醇制烯烃等技术装备及关键材料等产业化应用。推动现代煤化工与可再生能源、绿氢、CCUS 等
《“十四五”工业绿色发展规划》	2021	推动煤炭等化石能源清洁高效利用，发展绿色低碳材料，探索低成本二氧化碳捕集、资源化转化利用、封存等主动降碳路径。
《石化化工行业稳增长工作方案》	2023	依托现代煤化工项目开展关键材料、工艺技术装备攻关及应用推广，提升节能减排降碳水平
《内蒙古自治区人民政府关于促进制造业高端化、智能化、绿色化发展的意见》	2022	大力发展高端聚烯烃、高品质石蜡、高档润滑油等高附加值产品
《关于支持鄂尔多斯市建设现代煤化工产业示范区的指导意见》	2023	准格尔经济开发区重点推进煤炭间接液化、煤制气、煤制烯烃升级示范，积极发展高品质高端特种油品等七个方面重点任务
《关于推动内蒙古高质量发展	2023	推动氢能、新型储能先进技术装备攻关，支持开展

奋力书写中国式现代化新篇章的意见》		可再生能源制氢、氢冶金、氢基化工等应用示范项目建设
《鄂尔多斯市“十四五”规划》	2021	拉长“煤字头”深加工产业链，重点实施列入国家和自治区规划的煤制油气、煤制烯烃等现代煤化工示范项目，推动现代煤化工向煤基精细化学品、煤基高端新材料方向延伸
《鄂尔多斯市关于支持现代煤化工产业发展的若干措施》	2023	支持企业实施绿氢替代，推进煤化工+绿氢、煤化工+绿电一体化发展

1.5 内蒙古自治区现代煤化工产业发展面临的问题

初级产品多，精深加工产品少、产品附加值低

现代煤化工高端产品技术壁垒高，以高端聚烯烃为例，从全球的生产布局来看，高端聚烯烃生产主要集中在西欧、东南亚和北美地区，中东以大宗通用料为主，其中日本是东南亚高端聚烯烃主要生产国。受限于技术壁垒，我国进入高端聚烯烃领域的时间较晚以茂金属聚合工艺技术为典型，从 20 世纪 90 年代开始组织国家技术攻关，但目前无论在催化剂的结构设计、聚合工艺，还是产业化规模、产品型号等方面都难以满足市场需求。内蒙古自治区开展高端聚烯烃产品研发的创新主体主要是中天合创能源有限责任公司和宝丰能源内蒙古子公司（高端煤基新材料），难以满足内蒙古高端聚烯烃产业发展需要。

科技创新能力不强，产学研结合不紧密

当前内蒙古自治区现代煤化工技术主要采用 GE 技术、shells 干煤粉加压气化技术、多元料浆气化技术、两段式干煤粉加压气化技术、非熔渣—熔渣分级气化技术、HT-L 粉煤加压气化技术、德国科林（CHOREN）煤气化技术、赛鼎固定床干法排灰碎煤加压气化技术等，以及甲醇制烯烃/烯烃裂解（MTO / OCP）一体化工艺技术等，大部分技术来自国外龙头企业或内蒙古自治区以外企业/科研机构，作为产煤大省和现代煤化工产能规模位居全国前列，但是相关高校和科研院所综合能力有限，体现出内蒙古自治区科技创新能力不强，产学研结合不紧密的问题。

本土现代煤化工企业通过科技创新促进新质生产力发展能力有待提升

内蒙古自治区当前现代煤化工科技创新主要发生在央企驻蒙子公司或分公司，科技成果多归属于集团总部，本土企业在关键环节技术创新、卡脖子技术攻关上需要进一步加强能力提升。

第二章 产业发展方向导航

2.1 现代煤化工产业发展整体概述

目前较为成熟的即为煤直接液化和煤间接液化技术；煤制烯烃是中国现代煤化工发展的重要代表，也是中国新型煤化工发展规模增速最快的行业，最常见且用途最广的是乙烯和丙烯。目前国内以 DMTO，UOP/Hydro-MTO，SMTO 以及 SHMTO 等甲醇制烯烃生产工艺技术为主；煤制乙二醇属于新型煤化工产品，是实现煤炭清洁高效利用、提高乙二醇自给率的重要化工生产组成部分。煤制乙二醇路线是以煤作为原料，通过气化、变换、净化后得到合成气，分离提纯，然后催化偶联来合成制取草酸二甲酯，再由草酸二甲酯进行加氢反应来制取乙二醇的过程；煤制芳烃是以煤为原料首先生产甲醇，再以甲醇为原料，采用双功能活性催化剂，通过脱氢、环化反应生产芳烃的工艺过程。目前，我国煤制芳烃技术主要有中科院山西煤化所的固定床甲醇制芳烃技术（MTA）、清华大学的循环流化床甲醇制芳烃技术（FMTA）以及河南煤化集团研究院与北京化工大学开发的煤基甲醇制芳烃技术等；煤制气是我国煤化工产业的重要分支，我国具有丰富的煤炭资源，同时又是世界上最大的天然气消费市场，因此发展煤制气对于补充国内天然气市场的缺口具有重要的战略意义。

CCUS（碳捕集、利用与封存）技术是一项针对温室气体的减排技术，将是未来大幅减少煤基能源 CO₂ 排放的重要战略技术选择，涵盖二氧化碳（CO₂）捕集、利用与封存 3 个环节。随着全球气候变化问题的日益严重，CCUS 技术越来越受到重视；煤化工生产过程中耗水量大且废水排放量大，废水类型涉及煤气化、煤液化、煤炭洗涤、煤焦化等过程，成分复杂，处理难度大。煤化工废水通常被分为有机废水和含盐废水。目前，煤化工废水的处理已成为制约行业健康发展的重要因素。

2.2 煤制油产业发展方向

2.2.1 全球煤制油产业专利整体概况

从总体来看，煤制油的专利申请量呈阶段性上升趋势。20 世纪 30 年代末期，因石油紧缺，德国率先在煤制油技术进行创新，直接加氢煤液化工艺在德国实现工业化。40 年代末、50 年代初后，随着中东大油田的开采带来的低成本石油供应市场，各国在煤制油技术上未开展持续创新。1973 年，世界石油危机使煤直接液化工艺的研究开发重新得到重视，如德国 IGOR 公司和美国碳氢化合物研究（HTI）公司的两段催化液化工艺，我国煤炭科学研究总院北京煤化所自 1980 年重新开展了煤直接液化技术研究。

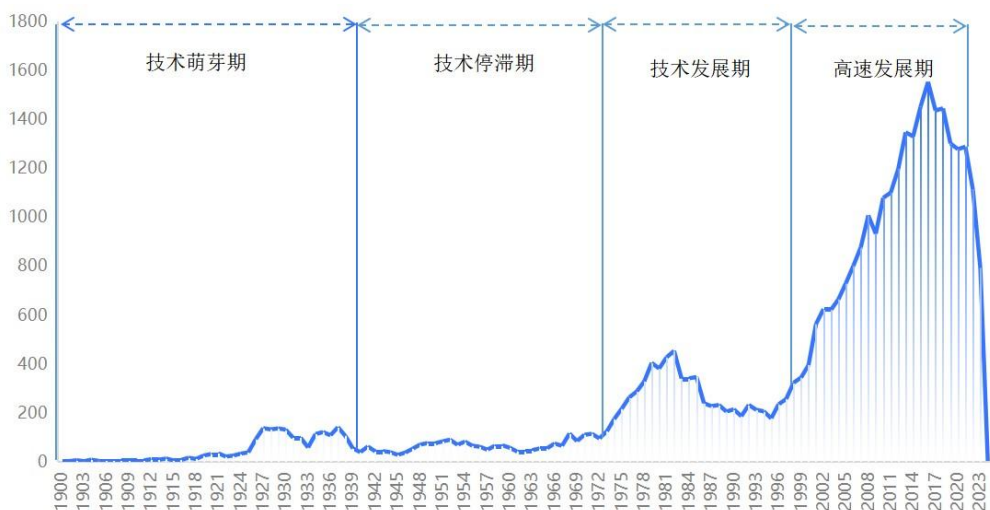


图 2-1 全球煤制油专利申请趋势

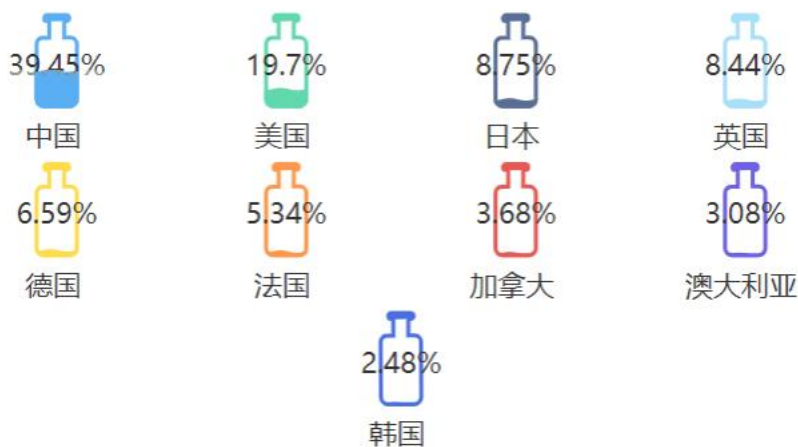


图 2-2 全球煤制油专利申请主要国家

在全球煤制油专利申请主要国家中，我国专利申请总量较大，这与我国能源资源种类密切相关。此外，美国、日本、英国、德国因为较早开展技术研究，所以其专利申请量占比同样位居全球前列。

在煤制油技术创新上，整体来说在 1985 年以前，煤直接液化技术持续发展，在石油价格高涨阶段都迎来技术突破，专利申请量也一直高于煤间接液化技术。在 1985 年以后，煤直接液化和间接液化两个分支均稳定持续发展，申请总量基本持平。

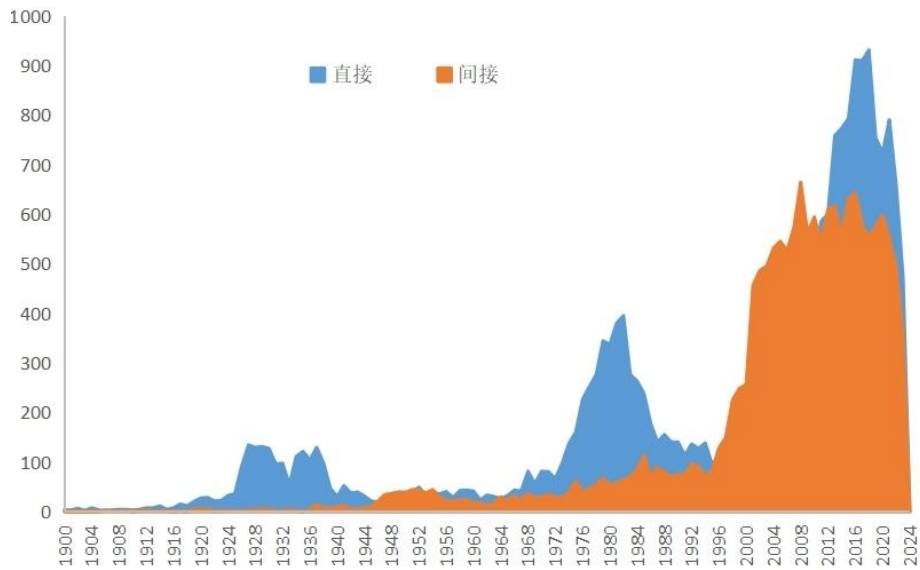


图 2-3 全球煤制油技术申请趋势（单位：项）

2.2.2 专利布局揭示产业发展方向

从发达国家专利布局方向分析，美国、德国和英国的煤制油技术起步均早于我国和日本多年，且前期均着力于发展煤直接液化技术，进入 2000 年后更着力于发展煤间接液化技术，但申请量均远远低于我国。

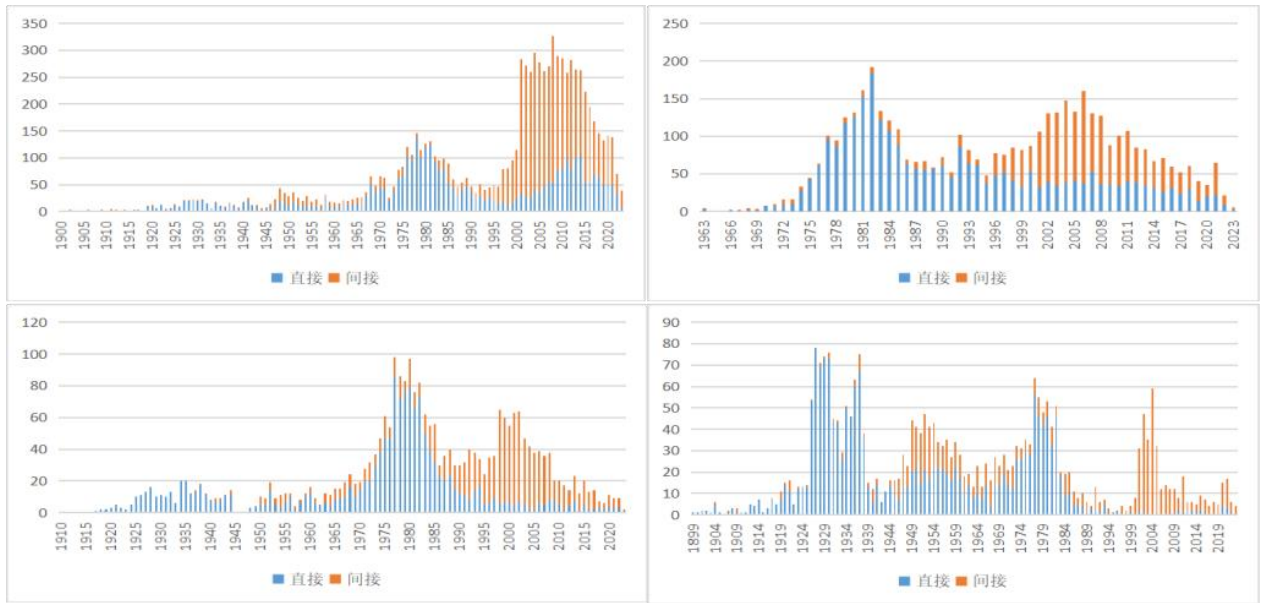
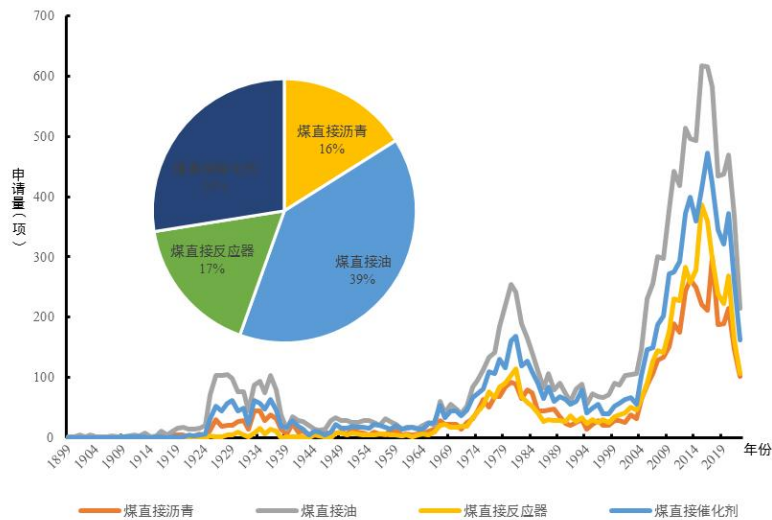


图 2-4 全球主要国家煤制油技术申请趋势

2.2.3 技术研发热点方向

从技术研发地点方向来分析，煤直接液化技术主要涉及催化剂的使用；一些关键设备的使用，包括反应器、煤浆泵、预热器、加热炉以及减压阀等零件；反应产物涉及沥青和油两大类，主要包括产物的分离以及后续合成下游产品。

煤间接液化技术同样涉及催化剂的使用、反应器以及产物改进，其中产物主要为费托合成油，后续进行处理得到烯烃及其他油类产品。



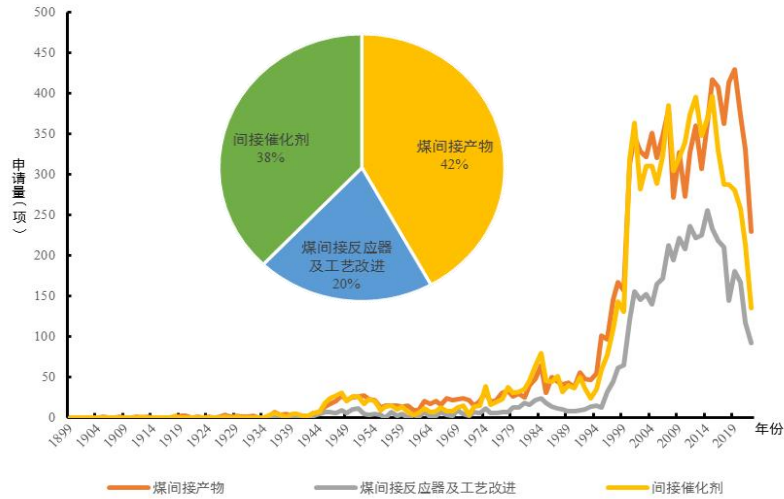


图 2-5 我国煤直接液化/间接液化热点技术相关专利申请趋势

对煤制油所用设备技术热点进行分析,煤直接制油是煤制油设备的主要专利布局方向,如煤浆泵、预热器、加热炉、反应器、密封及阀门改进,如下图所示:

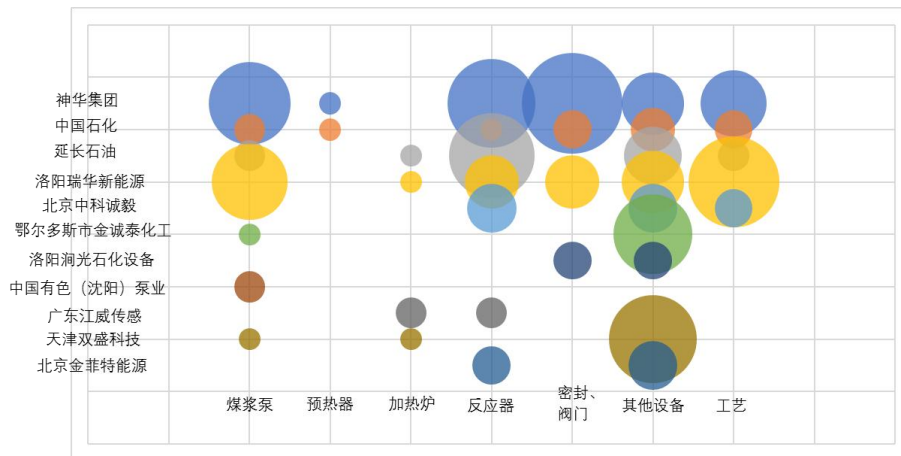


图 2-6 重要创新主体煤制油设备研发技术热点

2.3 煤制烯烃产业发展方向导航

2.3.1 全球煤制烯烃产业专利整体概况

从总体来看,煤制烯烃的专利申请量呈上升趋势,最近五年年申请量略有下降。

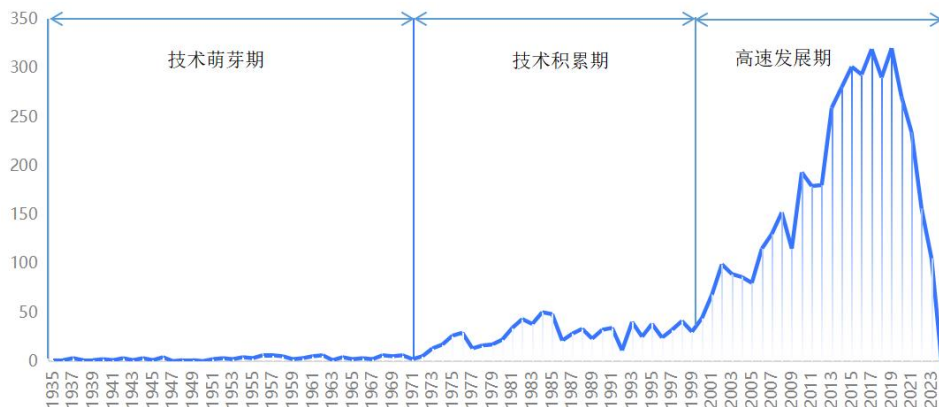


图 2-7 全球煤制烯烃专利申请趋势



图 2-8 全球煤制烯烃专利申请重点国家/区域

从 1950 年出现第一例申请开始，煤制烯烃的研究处于起步水平。此阶段，发达国家开始认识到煤制烯烃巨大的潜在商业价值，开始进行专利布局，在技术上逐渐开始涉及聚合方法。2000 年至今，全球煤制烯烃相关专利申请量进一步增加，增速与前一时期相比有明显提高，在 2018 年到达申请高峰后，开始逐渐下降。其可能原因是在 2019 年新冠疫情后，全球经济下滑，同时更多企业和科研人员的研发活动受限导致。

在煤制烯烃技术路线发展方向上，1972—1999 年期间，煤制乙烯领域的申请量整体上处在领先地位，煤制丙烯领域的专利申请量略高于合成气/甲烷制烯烃的申请量。在 2000—2019 年期间，整体上，煤制丙烯的申请量略高于煤制乙烯，而合成气/甲烷制烯烃领域的申请量并没有出现快速增长的情况，整体而言，合成气/甲烷制烯烃领域的技术发展处于低迷阶段。

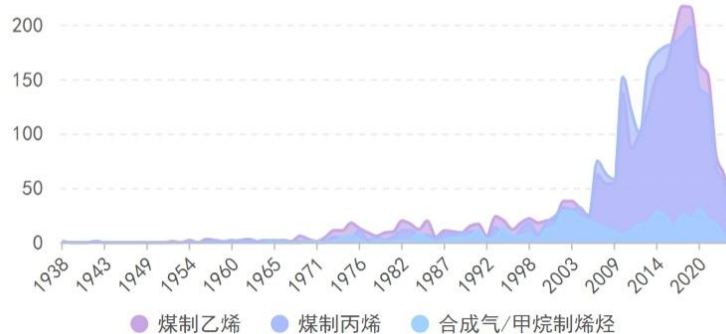
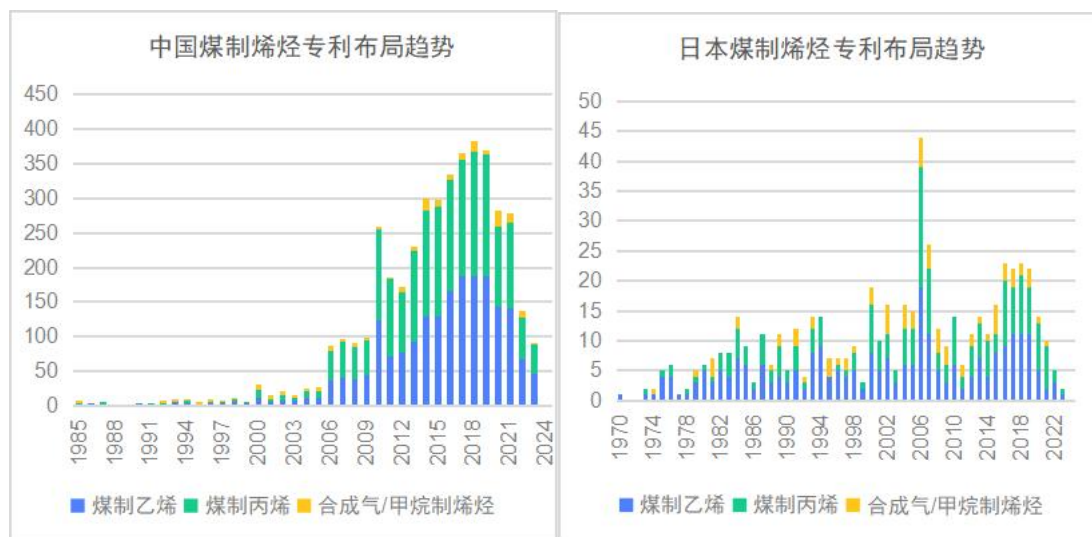


图 2-9 全球煤制烯烃技术申请趋势

2.3.2 专利布局揭示产业发展方向

根据发达国家煤制烯烃专利布局方向，中国、日本、韩国和美国在煤制乙烯、煤制丙烯和合成气/甲烷制烯烃领域上的专利申请趋势，美国在煤制烯烃领域布局最早，在煤制乙烯技术方面布局最多。日本方面，1970年出现了煤制烯烃的专利申请，之后也慢慢开始了煤制丙烯，合成气/甲烷制烯烃领域的技术研究，韩国起步略早于中国，整体上看，煤制丙烯的发展速度高于煤制乙烯。从各国专利布局来看，重点技术领域均在煤制乙烯和煤制丙烯，合成气/甲烷制烯烃的技术发展，均不是各国发展重点。



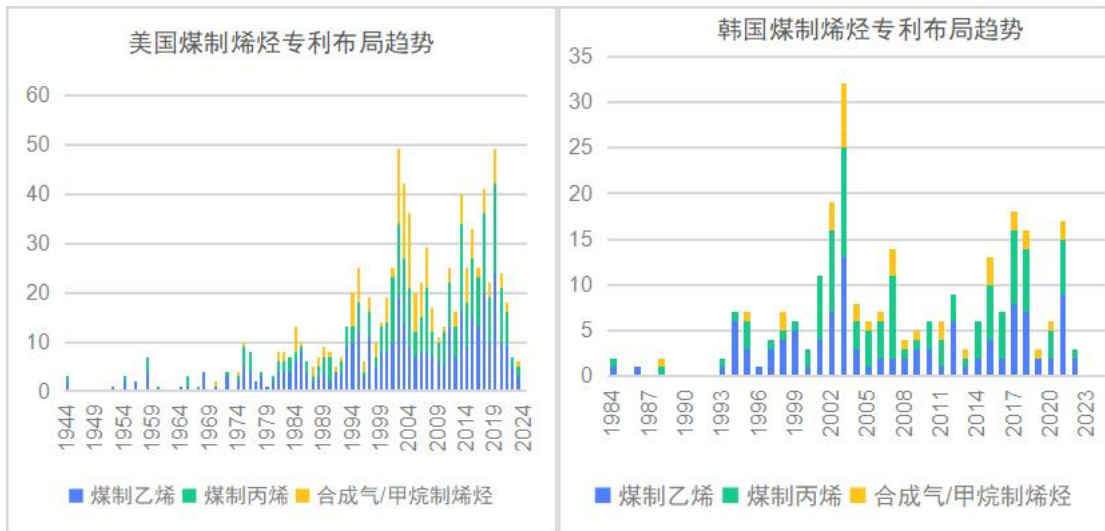


图 2-10 全球发达国家煤制烯烃技术申请趋势

2.3.3 技术研发热点方向

近十年来，煤制烯烃的技术研发主要集中在烯烃的制备，催化剂的研究以及烯烃聚合等几个方向。催化剂的性能决定了烯烃的选择性和产率，而高端聚烯烃在煤制烯烃产业中具有高附加值前景，因此催化剂的研究和烯烃聚合的研究也成为近些年的技术热点方向。

通过分析龙头企业在高端烯烃产品上的研发热点方向，埃克森美孚在高端聚烯烃茂金属聚乙烯的发展上遥遥领先于其他龙头企业；壳牌则在乙烯丙烯酸酯共聚物（EAA）、乙烯醋酸乙烯酯（EVA）、高结晶聚丙烯、高熔体强度聚丙烯进行专利布局。在国内，中石化、神华在上述几个分支均有专利布局。

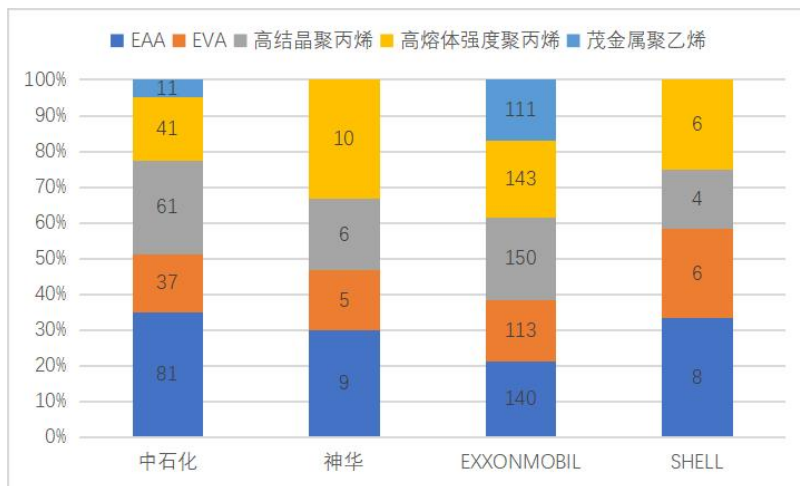


图 2-11 全球主要国家煤制烯烃技术趋势

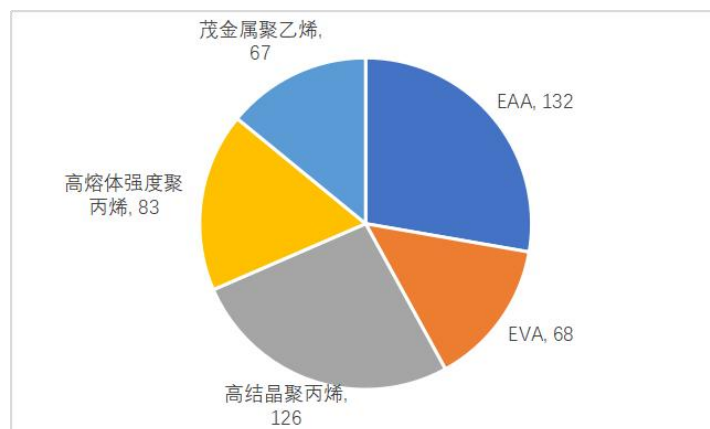


图 2-12 全球主要国家煤制烯烃协同创新方向

创新主体的协作创新能够一定程度地体现该领域的研发热点，体现了该方向的研究难度和重要性，烯烃作为重要的工业原料，各创新主体在协同创新上开展了密切协作。如图 2-12 所示，高端聚烯烃领域重要分支乙烯丙烯酸酯共聚物（EAA）的合作申请最多，达到了 132 项。从总量上来看，乙烯醋酸乙烯酯（EVA）、高结晶聚丙烯、高熔体强度聚丙烯以及茂金属聚乙烯等高端聚烯烃合作申请分别为 68、126、83 和 67。

2.4 煤制乙二醇产业发展方向导航

2.4.1 全球煤制乙二醇产业专利整体概况

从总体来看，煤制乙二醇的专利申请量呈上升趋势，并且随着全球产能的持续提升，近年来煤制乙二醇技术发展较为迅速。煤制乙二醇首项专利申请 US2636046A 由美国杜邦公司在 1948 年提出，主要以钴基催化剂催化，由合成气直接制备乙二醇，但由于该反应需要较严苛的高温高压条件，在很长一段时间内难以进入工业化生产。在 2005-2008 年期间，国际原油价格逐渐上涨，2010-2014 年期间国际原油价格上涨超过 100 美元/桶并保持高位状态，煤制乙二醇迎来了大发展，专利申请趋势也猛增。美、日、德、英等国家专利申请量较大，日本如宇部兴产株式会社将亚硝酸甲酯引入乙二醇合成，近年来我国生产出了世界上第一批可以满足用户需求的煤制乙二醇技术并投产。

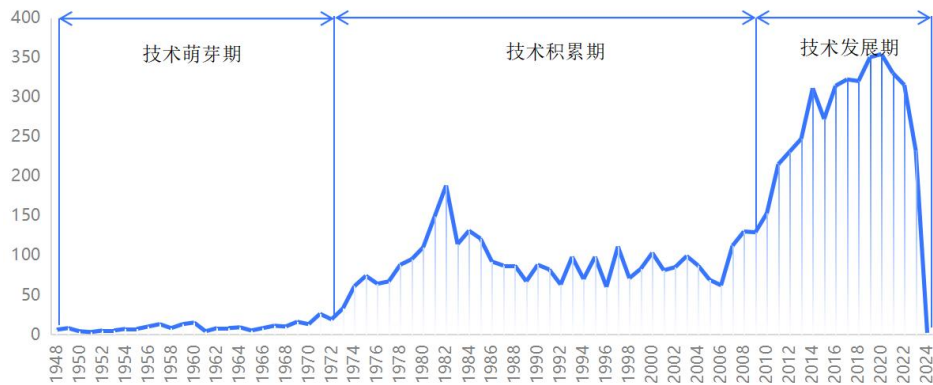


图 2-13 全球煤制乙二醇专利申请趋势



图 2-14 全球煤制乙二醇专利申请重点国家

在煤制乙二醇全球技术布局方向上,合成路线改进、催化剂是主要布局方向,占比约为 30.4%; 其他主要涉及煤制乙二醇中前、后处理等, 约占 12.6%。

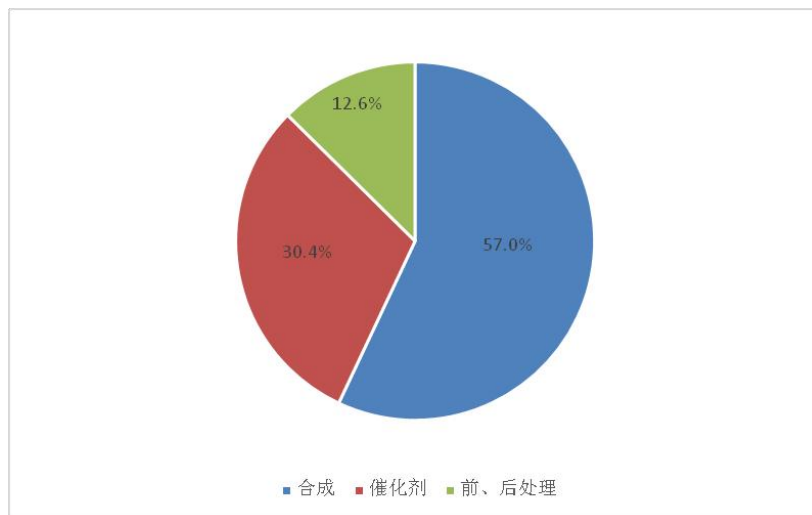


图 2-15 全球煤制乙二醇专利技术布局

2.4.2 专利布局揭示产业发展方向

从发达国家专利技术布局方向来看，煤制乙二醇合成工艺技术、煤制乙二醇催化剂技术创新同样是布局重点方向。此外，由于美国等技术储备较丰富，尤其是对于催化剂的开发进入了较成熟阶段，导致其专利数量上相对较少，其反而开始探索研发在实际产业化中必须解决的前、后处理问题，可能是今后产业发展的一个可参考方向。

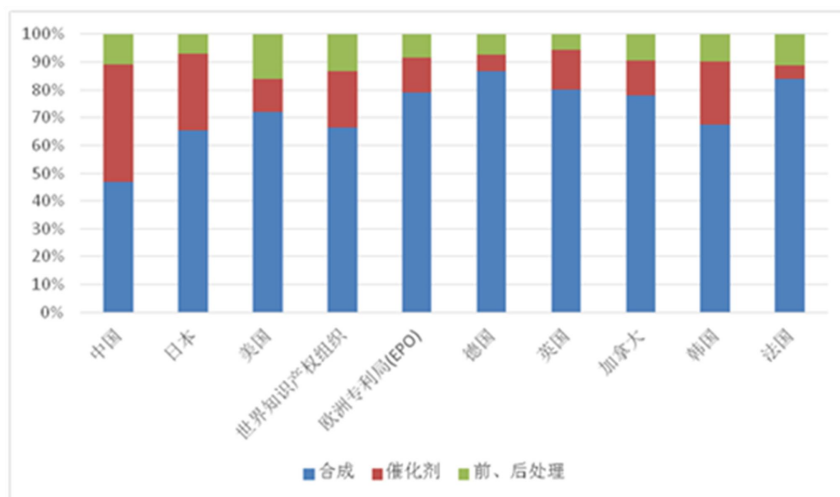


图 2-16 全球主要国家煤制乙二醇技术布局

2.4.3 技术研发热点方向

从技术研发热点方向来看，经过近 20 年的技术发展，合成气氧化偶联法逐渐体现出产业化优势被重点关注。到 2008 年，草酸酯合成又重回研究重点。而对于合成气氧化偶联法的第二步草酸酯氢化，从 20 世纪 70 年代开始始终处于活跃状态，草酸酯氢化属于新出现的技术领域，前期或相关领域没有可采用的技术，因此其持续研发是保持煤制乙二醇技术完善的必然结构。

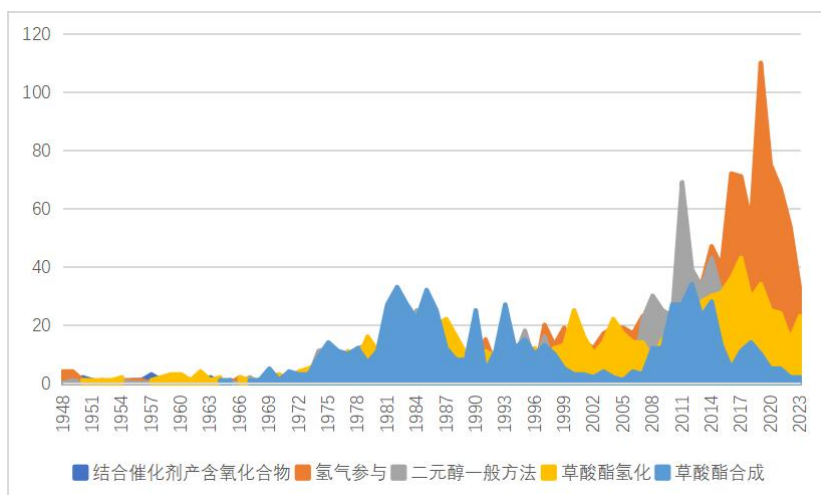


图 2-17 全球主要国家煤制乙二醇技术热点

从龙头企业相关专利布局来看，中国石油化工总公司的重点研究方向是金属催化剂；美国杜邦的重点研究方向是煤制乙二醇工艺方向，具体为非典型的草酸酯氢化法；日本宇部兴产的重点研究方向是草酸酯氢化合成乙二醇，其次为金属催化剂。也就是说，当前龙头企业在合成工艺选择上以草酸酯氢化法为重点方向，在催化剂攻关上以金属催化剂为主。

2.5 煤制芳烃产业发展方向导航

2.5.1 全球煤制芳烃产业专利整体概况

1971-2003 年之间，埃克森美孚（美孚石油公司）在芳烃制备工艺以及催化剂方面，包括甲苯甲醇烷基化制对二甲苯等技术相关专利申请数量有明显增长。在 1977 年，美国的埃克森美孚公司就提出了合成气转化为芳烃的工艺路线（US4180516A）。我国由于“富煤少油”的能源结构特性，煤制芳烃相关技术的专利申请量占比较大。

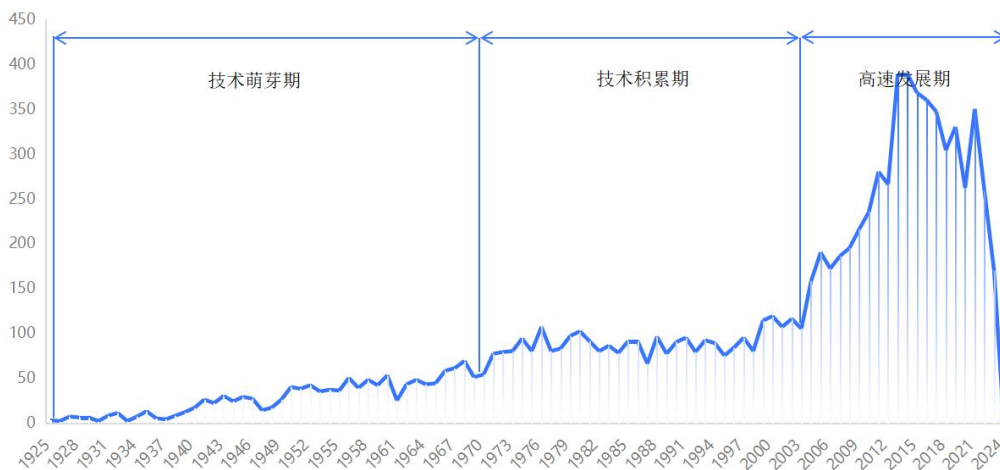


图 2-18 全球煤制芳烃专利申请趋势



图 2-19 全球煤制芳烃专利申请重点国家

在技术发展路线上，煤制芳烃技术主要可以分为三个技术分支，包括煤制芳烃的合成工艺技术，芳烃的分离、纯化、萃取、吸附技术（简称分离工艺技术），以及煤制芳烃反应过程中的催化剂技术，2000 年以后，煤制芳烃整体发展偏向合成工艺技术方向以及催化剂技术方向，关于分离工艺技术的研究较少。

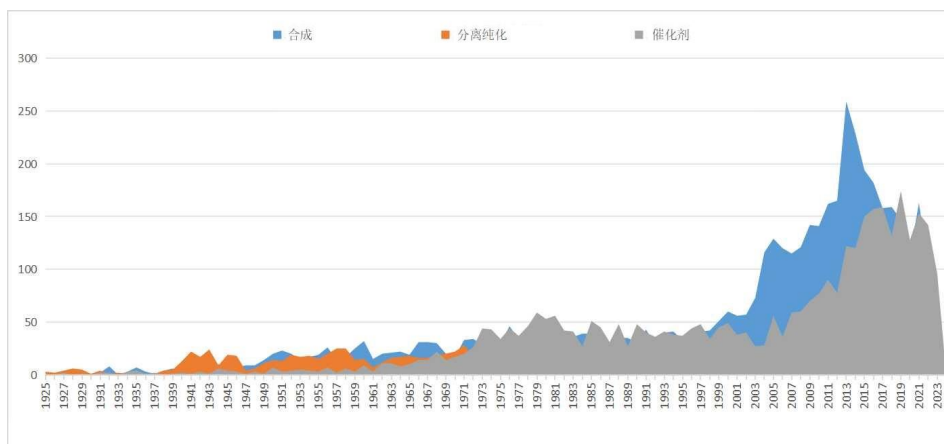


图 2-20 全球煤制芳烃专利技术申请趋势

2.5.2 专利布局揭示产业发展方向

对发达国家专利布局情况进行分析,结果显示,2010年起,主要发达国家在煤制芳烃产业布局逐渐开始倾向于两方面,一是以二甲苯为例的单环芳烃的制备,如 C07C15/08、C07C15/02 等,二是对芳烃制备用催化剂与催化工艺的研究,如 B01J29/40、B01J23/00。

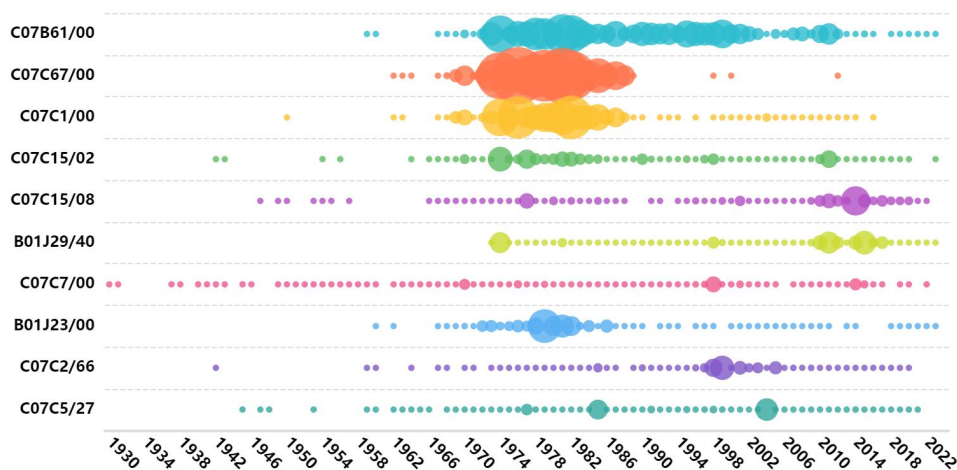


图 2-21 全球发达国家煤制芳烃技术申请趋势

从全球龙头企业专利布局角度分析,近几年内,龙头企业主要布局方向在分类号 B01J29/40 所代表的催化剂领域,例如 ZSM-5, ZSM-8 或 ZSM-11,以及分类号 C07C15/08 所代表的二甲苯为主的单环芳烃产品。

2.5.3 技术研发热点方向

从产业技术研发热点方向分析,国内煤制芳烃专利申请主要为苯乙烯、异丙苯相关专利,甲苯下游产品中,围绕硝基苯、苯甲酸以及二甲苯相关专利数量最多,二甲苯下游产品专利申请中以对二甲苯为主。

从龙头企业技术研发热点方向分析,国内已开展了甲苯甲醇烷基化技术的研究,但存在工艺过程复杂,副反应多且选择性低等问题,因此在煤制芳烃高选择性和稳定性的催化剂的开发,以及煤基合成气直接制芳烃等工艺的改进是一个重要布局方向。

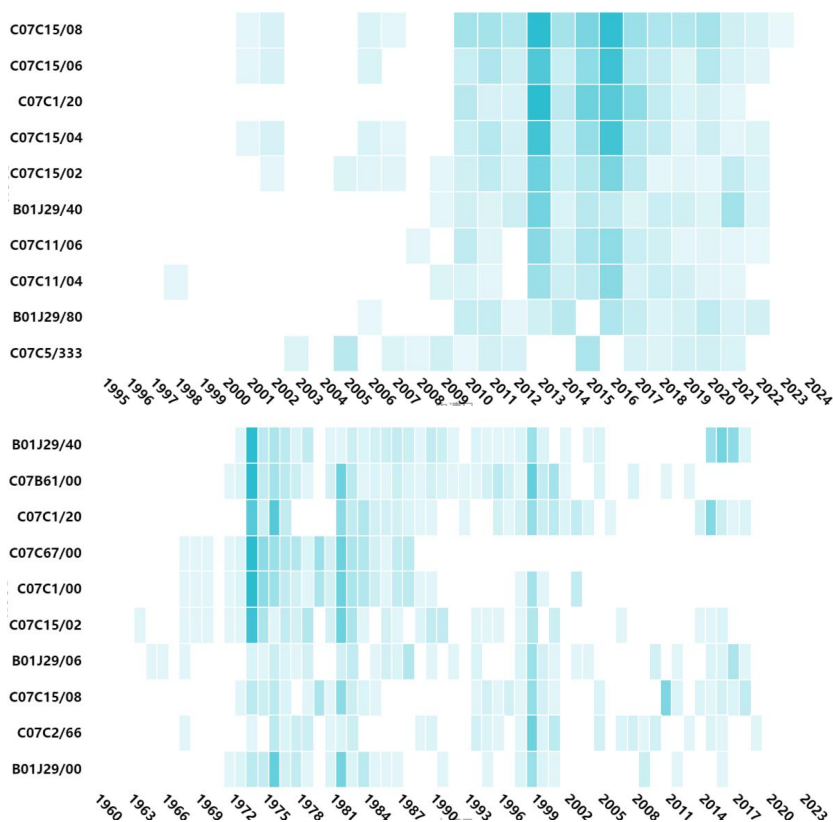


图 2-22 中国石化/埃克森美孚技术研发热点方向

从协同创新热点方向分析,煤制芳烃同样聚焦于芳烃的制备工艺如苯、甲苯、二甲苯类单环芳烃产品,此外,对于催化剂的改进如包含分子筛的催化剂或包含金属或金属氧化物或氢氧化物的催化剂。

2.6 煤制气产业发展方向导航

2.6.1 全球煤制气产业专利整体概况

煤制气技术发展的市场驱动力主要在于石油价格的波动,并且专利申请量趋势与国际原油价格波动保持高度关联。新西兰、澳大利亚、英国和加拿大,也都在 20 世纪 80 年代进行过许多煤制油气的研究,但是都仅止于实验阶段,1985 年 8 月 1 日,美国大平原煤制气工厂因气价下跌,严重亏损而宣布破产,此后,世界各国对于发展煤制天然气均较为谨慎。

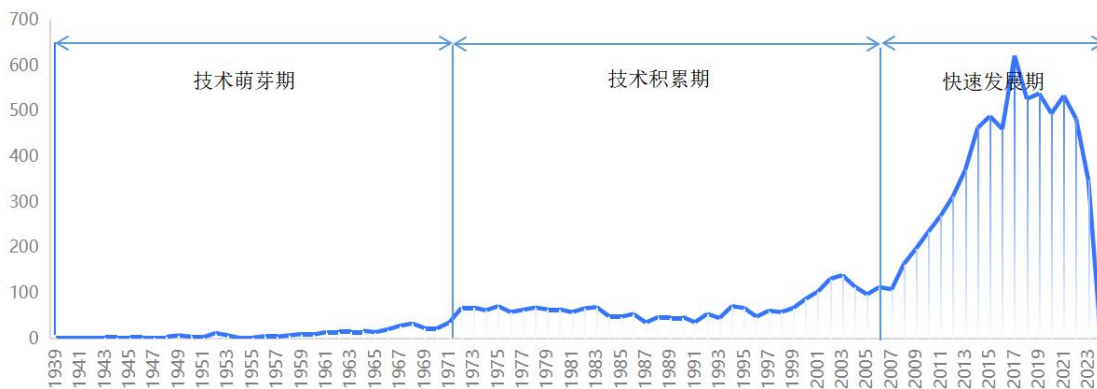


图 2-23 全球煤制气专利申请趋势图



2-24 全球煤制气专利申请主要国家

在煤制气技术创新上，催化剂在煤炭气化过程中起到重要的作用，可以加速反应速率，降低反应温度，提高产物的选择性。因此，研究和应用新型催化剂是煤炭气化技术创新的一个重要方向。新型催化剂可以改变传统气化工艺的条件，提高反应效果，并且降低催化剂的使用成本。此外，利用催化剂创新煤制气工艺是另外一个专利申请重点方向。

2.6.2 专利布局揭示产业发展方向

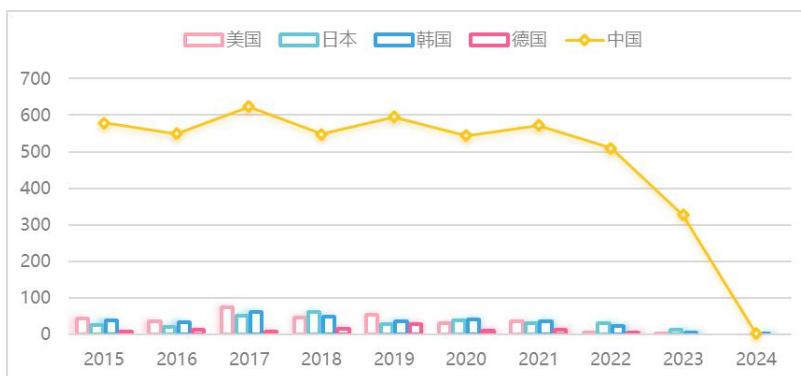


图 2-25 全球煤制气主要国家专利申请趋势

结合上节分析的当前全球煤制气专利国家布局,我国煤制气相关专利申请占全球专利申请的约 62.7%,从图 2-25 可以看出,近十年来全球煤制气技术创新基本发生在我国,当前我国创新主体除在煤制气工艺的改进和创新上,甲烷化催化剂、臭氧非均相氧化固体催化剂是一个重要布局方向,与产业技术发展趋势基本相符。

从龙头企业专利布局方向来看,中石化在与稀土或铜系元素结合催化剂、多孔性材料用作催化剂上进行布局;中科院大连化物所在负载型稀土金属氧化物/掺杂钙钛矿催化剂,贵金属为主要催化活性组分、以碱土金属氧化物为催化助剂和催化剂载体等方向开展专利布局。

2.6.3 技术研发热点方向

从今年我国新进入该领域进行研发或创新的主体进行分析,苏州盖沃净化科技有限公司、泰州禾益新材料科技有限公司和湖州民强炭业有限公司均约于 2018 年后开始煤制气领域专利申请,属于新进入者,其主要涉及的领域是综合合成方向、催化剂方向和催化剂制备方向,基本上涵盖了煤制气重要领域,可见煤制气仍然处于重点发展地位。

针对多个申请人协同创新角度进行分析,共同开展研究的方向主要是金属催化剂领域。

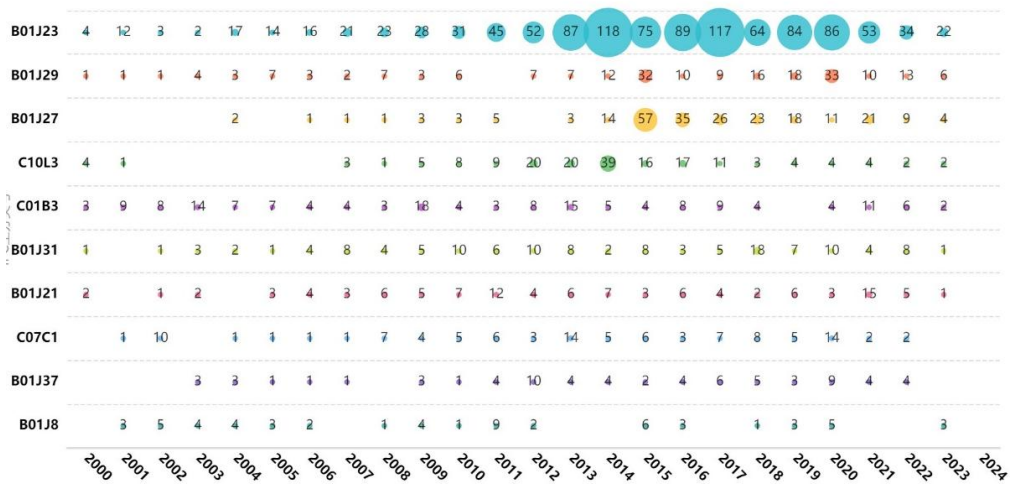


图 2-26 煤制气协同创新技术趋势

2.7 CCUS 产业发展方向导航

2.7.1 全球 CCUS 产业专利整体概况

自 1999 年，随着从空气中大规模捕集 CO₂ 概念的首次提出，相关的专利技术开始萌芽。2005 年联合国政府间气候变化专门委员会大会发布《碳捕集与封存》特别报告，有力推动了该技术领域的技术研发和专利产出。2020 年起，发达国家纷纷出台了关于 CCUS 的政策与法案。我国也在重点研发计划中布局了 CCUS 技术项目，随着碳达峰、碳中和目标的提出，在各国政策的驱动以及绿色可持续发展的大方向指引下，CCUS 的专利技术研发呈现爆发式增长，在 2022 年达到了申请量高峰。

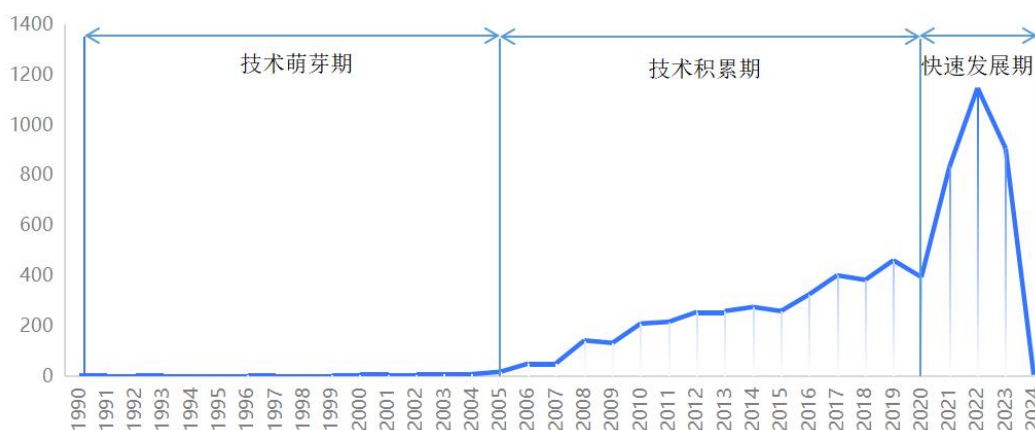


图 2-27 全球 CCUS 专利申请趋势



2-28 全球 CCUS 专利申请重点国家

我国由于煤化工产业的蓬勃发展，CO₂ 的排放量在 2019 年已跃居全球首位，在双碳目标的驱动下，我国在 CCUS 技术研发中投入了大量的资源，申请量处于全球首位，其次是美国、日本、韩国、加拿大。加拿大的 Carbon Engineering (CE) 公司，是世界知名的研究空气直接捕集二氧化碳 (DAC) 技术的创新主

体。

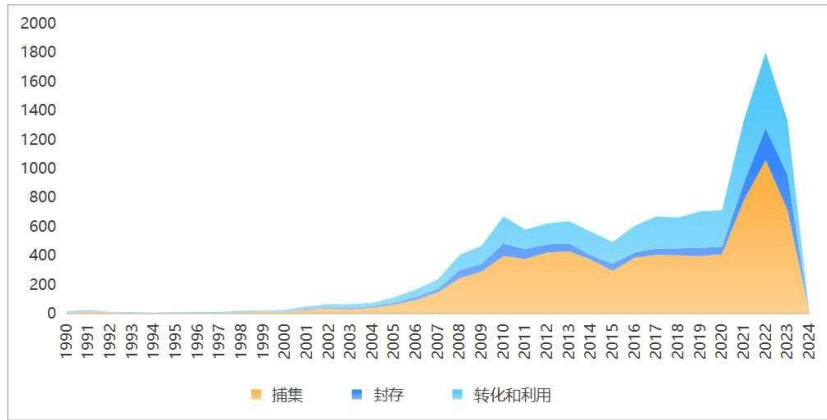


图 2-29 全球 CCUS 技术申请趋势

CCUS 技术主要分为 CO₂ 的捕集、封存和利用，在全球整体技术发展中，捕集、封存和利用技术基本处于同时间起步。对于捕集技术的研究力度始终要高于其他技术，占比为 60%，共 7908 项。转化和利用技术占比 30%，共 3932 项，封存技术占比 10%，共 1376 项。

2.7.2 专利布局揭示产业发展方向

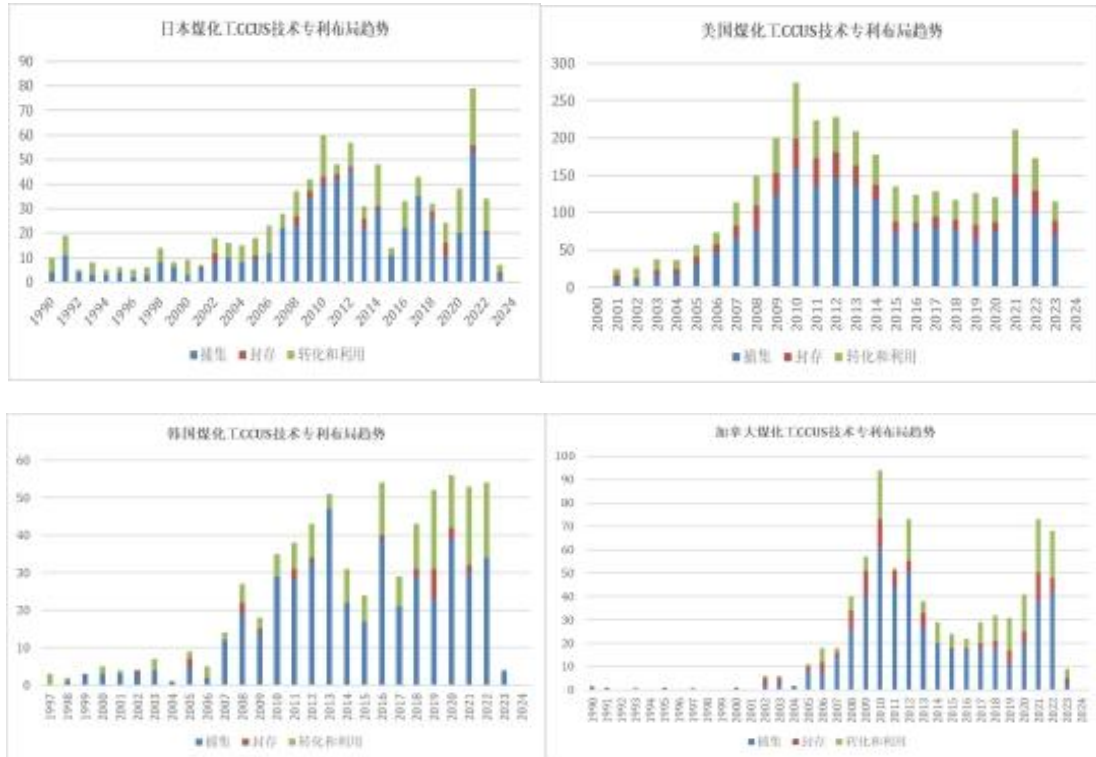


图 2-30 全球 CCUS 技术申请趋势

通过对 CCUS 领域相关发达国家在捕集、封存、转化和利用三个子领域申

请量的占比进行了统计分析，二氧化碳的捕集技术是发达国家的研发重点方向，各国申请量占比最小的均为封存技术，这与 CO₂ 封存的地质条件、海洋条件以及温度、压力等条件较为复杂有关。海洋封存技术和碳酸盐矿石封存技术目前还处于起步研究阶段，而美国作为封存技术占比最高的申请国家，也可以看出其作为能源大国对于 CO₂ 减排的重视程度。在近几年，虽然捕集技术仍然处于明显优势地位，但转化和利用技术也逐渐成为韩国、日本、加拿大的研究热点。

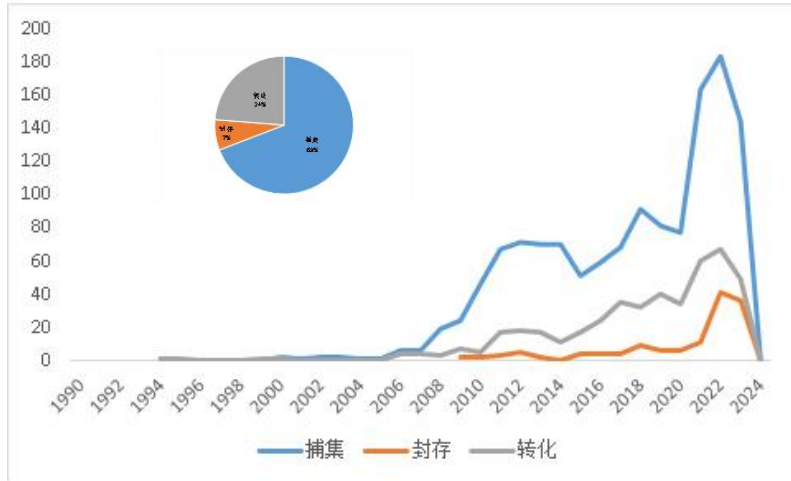


图 2-31 全球 CCUS 技术申请趋势

通过对龙头企业如中国华能集团、法国阿尔斯通，韩国电力公司，日本三菱和日立，荷兰壳牌等在 CCUS 领域的布局分析可以发现，捕集技术也是各龙头企业的热点研究方向，申请量占比为 69%，较全球整体的捕集技术占比更高，可见龙头企业在二氧化碳的捕集方向具有更多的技术创新成果。

2.7.3 技术研发热点方向

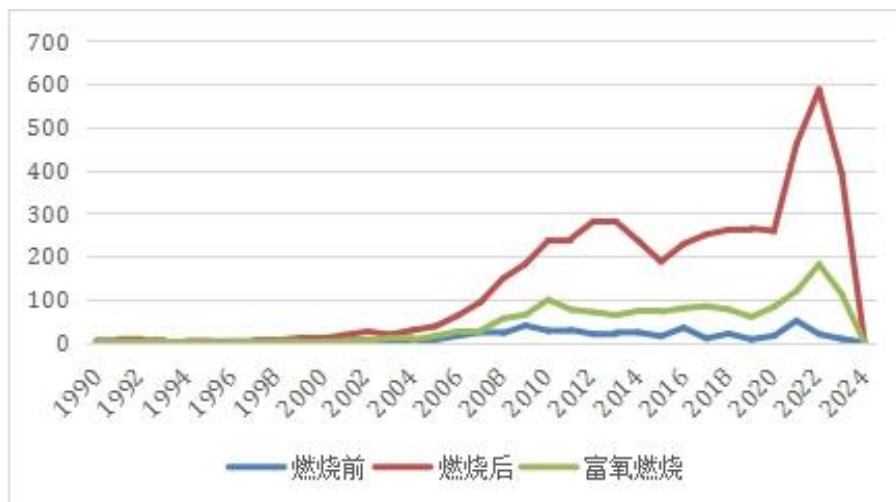


图 2-32 全球 CCUS 技术申请趋势

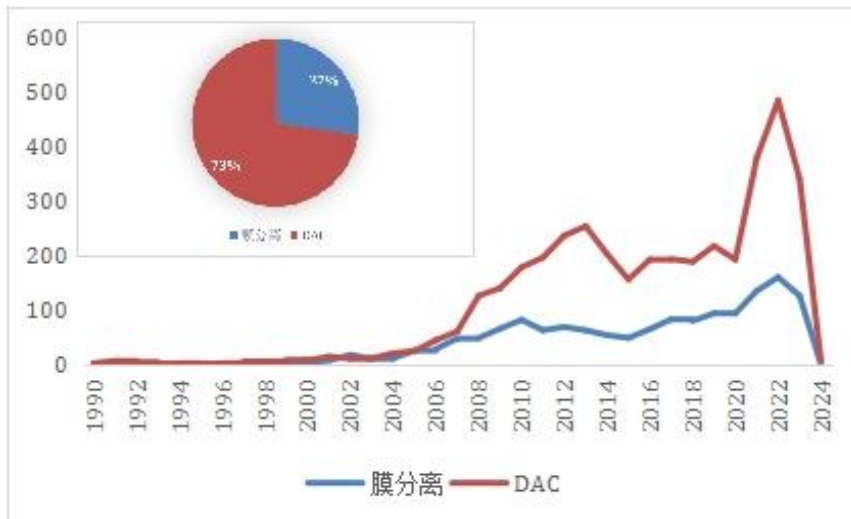


图 2-33 全球 CCUS 技术申请趋势

在 CO₂ 的捕集技术中，主要分为燃烧前捕集、燃烧后，以及富氧燃烧过程中对 CO₂ 进行分离捕集。下图展示了三类捕集方式在全球范围内的专利申请趋势。可以看出，燃烧后捕集方法由于对原有系统的继承度高，适用于各类改造和新建厂区的 CO₂ 减排，可处理不同浓度的气源，技术相对成熟，属于目前专利热点研究方向。燃烧后捕集技术具体又可以分为膜分离法、固相吸附法和吸收法三种主流技术。膜分离以及直接从空气中捕集（DAC）两种主流技术。而固相吸附法和吸收法可以统一归为直接从空气中捕集（DAC）技术。可以看出，DAC 技术为燃烧后捕集技术中热点研究方向，高性能膜材料目前存在难以规模化制备的技术难点，导致工业化推广困难，专利申请量较少。

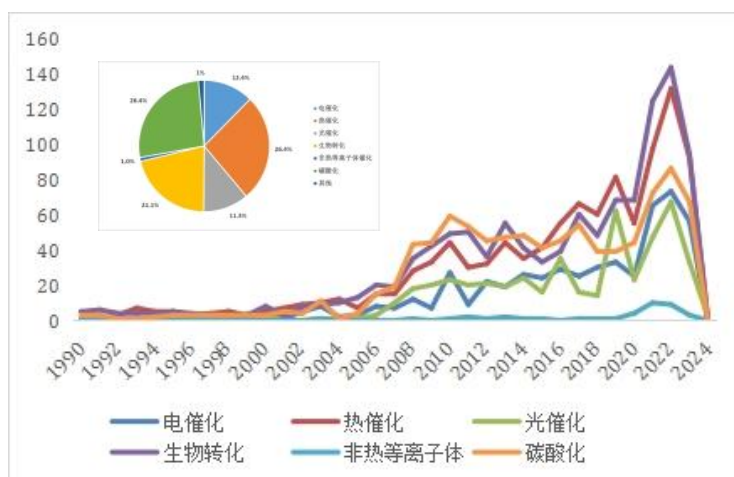


图 2-34 全球 CCUS 技术申请趋势

在 CO₂ 的转化和利用技术中，主要的转化和利用技术路径主要包括热催化、电催化、生物转化、光催化、非热等离子体催化转化和碳酸化等。如图所示，热

催化技术占比最高，并且属于近几年的热点研发方向。热催化中的代表技术包括利用 CO₂ 制备绿色甲醇，为碳减排提供一种环保经济的解决方案。

对于捕集方向的龙头企业，中国华能集团研究重点主要是基于对整体捕集系统的优化，主要技术涉及了燃料电池发电系统中实现 CO₂ 捕集。阿尔斯通研发热点在吸收剂，如钙基吸收剂，含氨溶液，离子液体。

CO₂ 转化和利用方向的龙头申请人是中科院所，主要包括大连化物所、过程工程研究所、山西煤炭化学研究所等。研究初期，主要涉及的技术是用于 CO₂ 转化制备有机物的催化剂及其制备方法，目的在于如何高效利用 CO₂。2016 年起，研究热点逐步转变为如何将二氧化碳转化为高附加值化学品。2021 年起，对于 CO₂ 加氢制甲醇所用的催化剂的研究逐渐增多，尤其是液态阳光的合成催化剂成为研究热点，液态阳光的制备属于光催化过程。同时在 CO₂ 合成低碳烯烃、高品质汽油方面也持续投入研发精力。可见，在二氧化碳的利用与转化技术领域，中科院所的主要研发热点集中在对催化剂的优化，且产物逐渐向高附加值化学品转移。

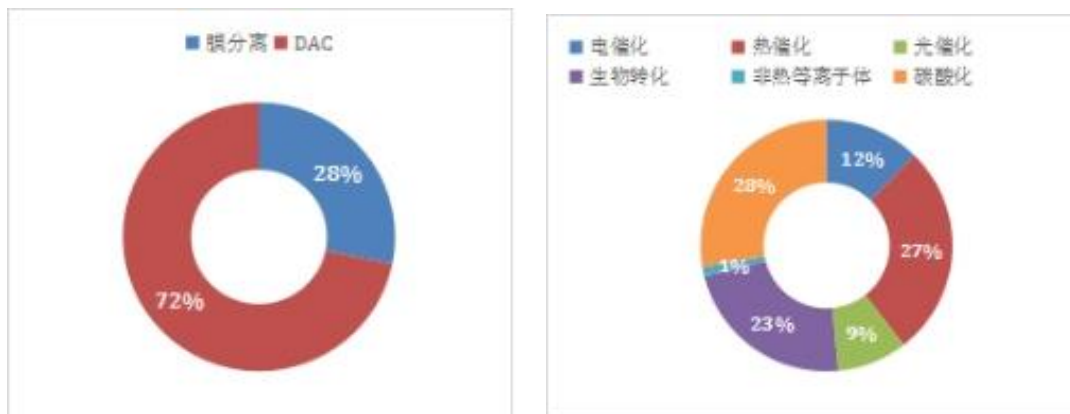


图 2-35 全球 CCUS 技术申请趋势

通过对捕集领域和 CO₂ 的转化和利用领域中协同创新情况和新进入者的热点方向进行分析，结果显示，协同创新的热点方向是 DAC 技术，以及碳酸化和热催化转化 CO₂ 技术。通过对捕集技术的申请人进行分析，可以发现中冶京诚工程技术有限公司作为新进入者在 DAC 技术上展开布局。如何降低捕集能耗，提高吸收剂的吸收效率为研发热点方向，并且倾向于采用工艺耦合的方式对捕集技术进行优化。通过对 CO₂ 转化和利用技术的申请人进行分析，新进入者为中科液态阳光（苏州）氢能科技发展有限公司。研发成果主要集中在液态阳光技术中的重整分离制氢系统，在此过程中把二氧化碳减排做成甲醇液态燃料，拿甲醇

液态燃料来做加氢站，将制氢系统一体化。

2.8 水处理产业发展方向导航

2.8.1 全球水处理产业专利整体概况

全球煤化工废水处理相关专利共计 11210 件，从总体来看，专利整体的申请量呈上升趋势，最近三年申请量略有下降。发展过程可以分为三个阶段：从 1928 年出现第一例申请开始，到 1973 年，全球对于煤化工废水处理的研究处在技术萌芽期；1974—1999 年，相关专利申请量有所增加，增速与技术萌芽期相比有所提高，在这一时间，发达国家逐步认识到废水对环境的污染以及进行废水处理的重要性，开始进行专利布局，并出现了完整的废水处理系统，经过这段时间的积累，为后续发展奠定了技术基础；2000 年至今为高速发展期，2000-2003 年，全球申请量快速增加，在 2003 年以后，申请量虽然小幅回落，但是在 2007 年后再次爆发式增长，在 2016 年到达申请高峰后，开始小幅度下降，直到 2020 年，下降速度明显加快，水处理技术发展趋于完善。

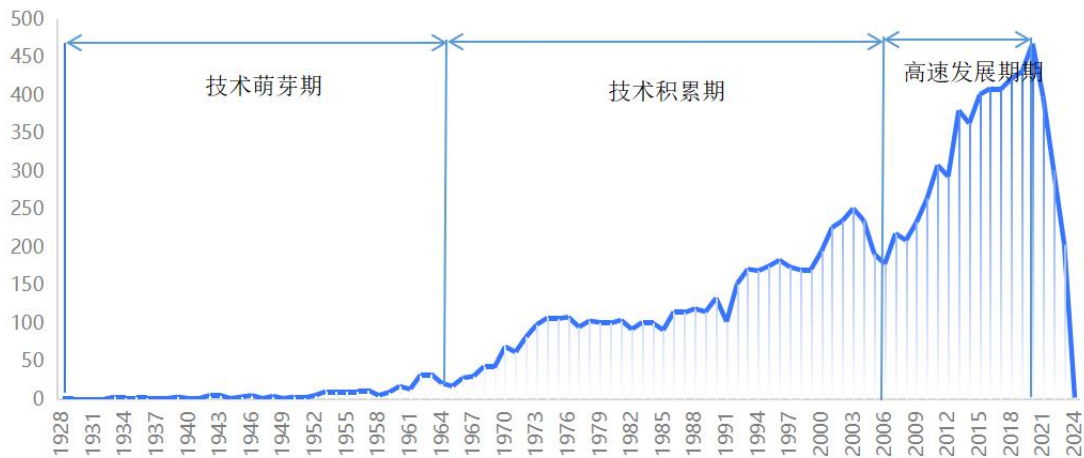


图 2-36 全球现代煤化工水处理技术申请趋势



图 2-37 全球现代煤化工水处理技术申请

全球煤化工废水处理专利申请来自 66 个国家，从图中可以看出美国、中国和日本占据煤化工废水处理相关专利的 56.68%，美国在煤化工废水处理领域申请量最多，共计 2660 件，占总量的 23.75%，中国和日本位列第二、三位，申请量分别为 1956 件和 1731 件，占全球总申请量的 17.48%和 15.45%。

捷克、德国、加拿大、韩国等发达国家也占据了比较大比例，上述国家同样重视煤化工废水处理技术的研发，此外，捷克斯洛伐克、俄罗斯在全球煤化工废水处理领域也具有一定占比。

美国是煤化工废水处理最早的国家，美国于 1928 年申请了第一篇涉及煤化工废水的专利，关于从煤炭化工产生的氨水中除去苯酚的方法和装置。

我国专利申请趋势与其他发达国家专利申请趋势相比起步较晚，主要是早期煤化工技术与废水处理技术落后，随着煤化工技术的快速发展，以及人们对环保理念的不断提高，从 2008 年，我国煤化工废水处理的专利量呈爆发式增长，增长速率远高于相关专利占有量第一位的美国。

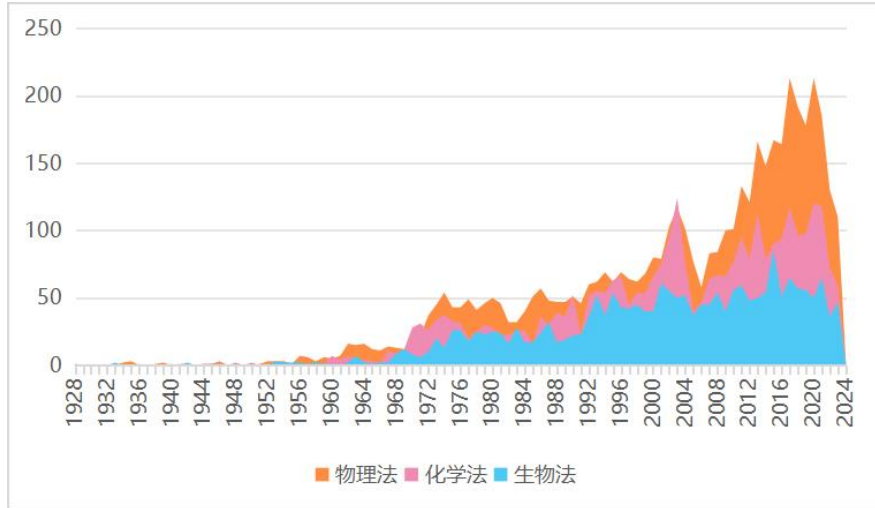
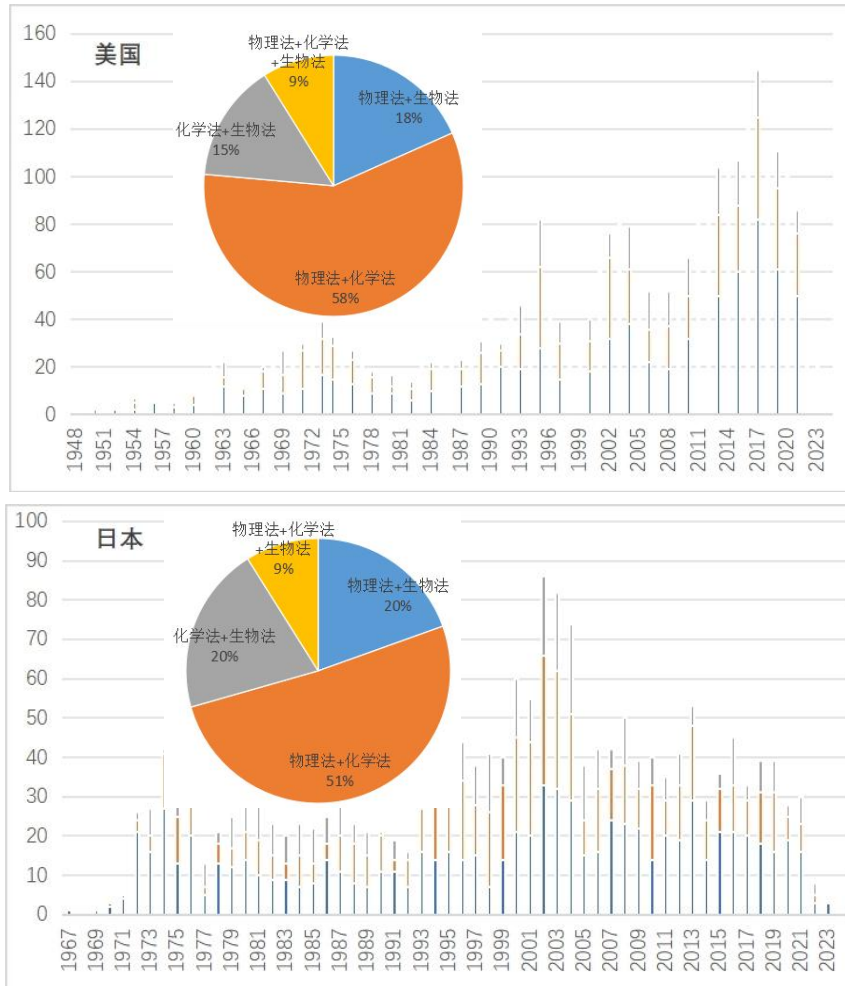


图 2-38 全球现代煤化工水处理技术申请趋势

2.8.2 专利布局揭示产业发展方向



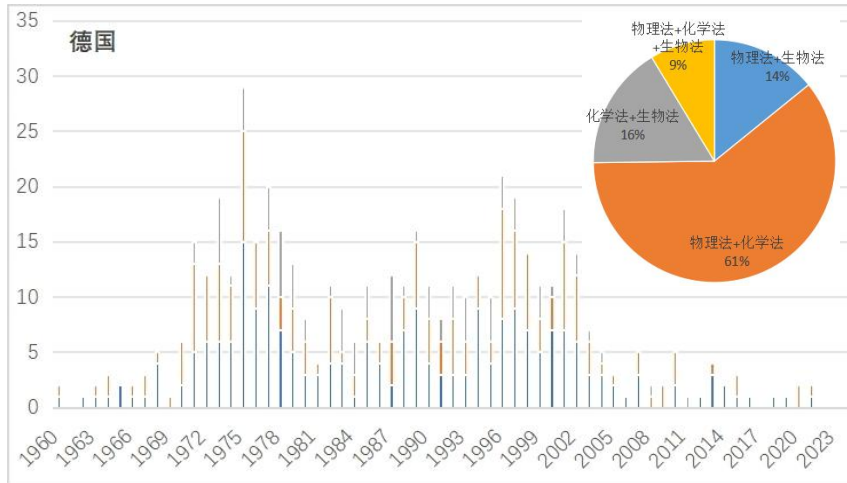


图 2-39 发达国家污水处理技术专利布局趋势

从发达国家专利布局分析,美国在煤化工废水处理领域布局早期均是以物理法处理占比最大,随着技术的进步,美国逐渐在物理法与化学法联用(专利数量占比 58%)、物理法与生物法联用(专利数量占比 18%) 逐渐受到青睐,成为新的技术布局方向。与美国不同,日本在早期更善于利用生物法来处理工业废水,此后的技术布局方向则与美国一致,物理法与化学法联用为主要布局方向,但是化学法与生物法联用(专利数量均占比 20%) 相较美国更为显著。德国物理法联合化学法占比 61%,可见,物理法联合化学法在煤化工废水处理中具有重要作用。

从龙头企业专利布局方向分析,全球煤化工废水处理专利申请人技术主题分布,主要的技术主题分布在吸附法、生物法、絮凝沉淀法、氧化法以及多级工艺联用法中,与全球的技术主题保持一致,也可以说,全球主要申请人的研究方向代表了全球总的研究方向。

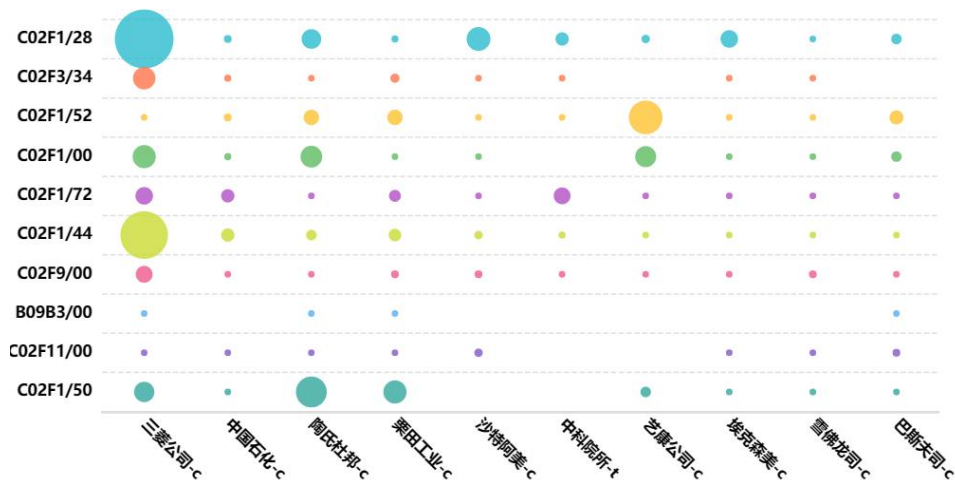


图 2-40 发达国家污水处理技术专利布局趋势

2.8.3 技术研发热点方向

从技术研发热点方向分析,日本三菱公司热衷于研究高吸附性能的吸附材料以及开发高效的吸附剂再生/处置技术,保证吸附性能的潜力下降低成本。此外,膜法分离中采用反渗透法进行工业废水处理和半渗透膜中的中空纤维组件是重点研发热点,广泛使用的双膜法,该工艺环节产生的高含盐废水出水 TDS 浓度可达 10000mg/L,经初步处理可实现 65%—75%含盐废水回用,回收水可以送至循环水站利用,也可作为脱盐水站和其他工业原水的补水。

与国外公司相比,中国石化更关注在多级处理中的生物处理、热法、氧化法以及臭氧氧化、催化剂的研究。催化剂研究上,中国石化以过渡金属和稀土金属为活性金属组分,载体以 150 目~300 目的活性炭为核、以无定形氧化铝为壳制备的催化剂,以臭氧为氧化介质,对含酚、含硫废水进行催化湿式氧化处理,臭氧作为强氧化剂,通过和有机物反应产生 $\text{OH}\cdot$ 来处理废水中难降解有机化合物,去除水中 COD,降低水中色度和浊度,同时在作用过程中不造成二次污染。

陶氏杜邦重点关注使用有机物、高分子有机物的絮凝沉淀技术,处理对象更侧重于煤化工废水中的固体废弃物,例如污泥的资源化处理。



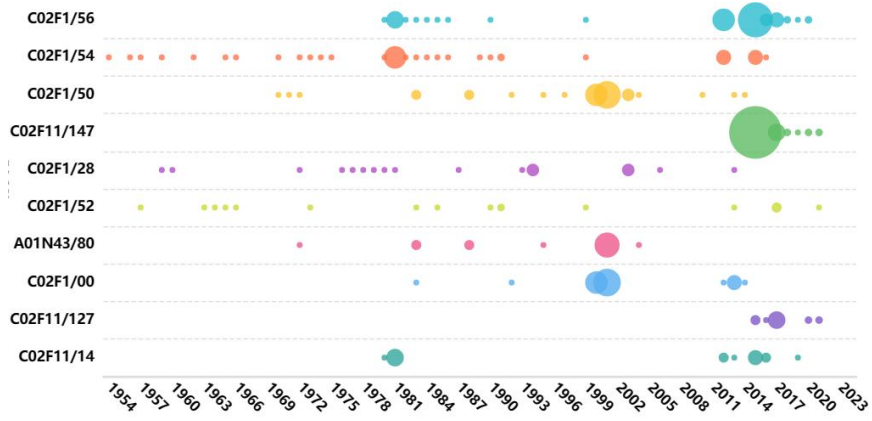


图 2-41 龙头企业技术研发热点方向（依次为日本三菱、中石化、陶氏杜邦）

第三章 区域产业定位

3.1 区域产业结构定位

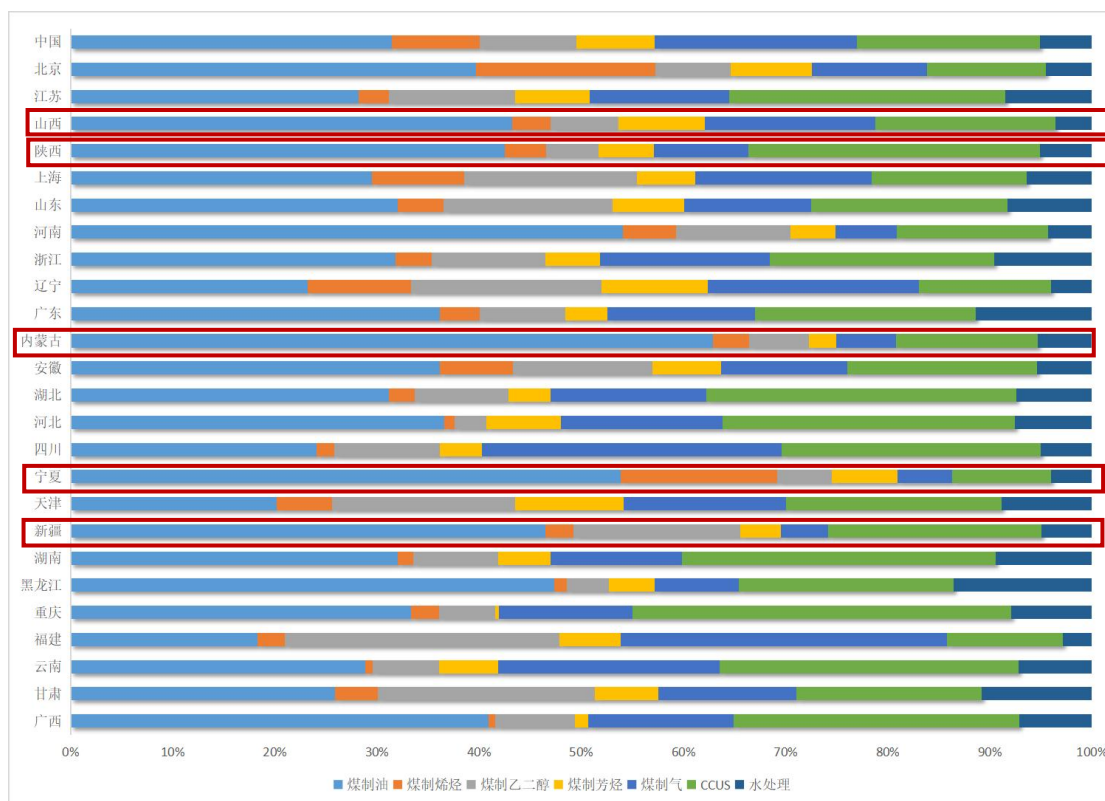


图 3-1 区域产业链专利申请量占比

对全国整体以及部分省市现代煤化工各分支的专利申请量占比进行统计，如图 3-1 所示。整体上，煤制油占全国现代煤化工各技术分支的 30%左右，煤制烯烃占比约 9%，煤制乙二醇占比约 12%，煤制芳烃占比约 8%，煤制气占比约 19%，CCUS 占比约 18%，水处理占比约 4%。根据 2023 年 7 月 1 日内蒙古自治区政府公布数据显示，全区煤制气产能居全国第一位，煤制油、煤制烯烃、煤制乙二醇产能均居全国第二位。从专利申请占比来看，内蒙古自治区煤制油相关专利占现代煤化工产业链各技术分支的约 60%，远超全国平均水平，并且高于煤制油产能占全国首位的宁夏。但是在煤制烯烃、煤制乙二醇、煤制芳烃、煤制气的专利申请占比上，均低于全国平均水平，与其领先全国的产能不相匹配。另一方面，CCUS 和水处理是“双碳”战略、节能环保政策下需大力发展的产业，全国各省市均对此投入了大量的研发精力，相比来说，内蒙古自治区目前在此领域并不具有优势，还有很大的发展空间。

《现代煤化工产业创新发展布局方案》提出布局内蒙古鄂尔多斯、陕西榆林、宁夏宁东、新疆准东 4 个现代煤化工产业示范区，推动产业集聚发展，打造世界一流的现代煤化工产业示范区。山西省是全国首个能源革命综合改革试点，现代煤化工产业现有煤制油产能 176 万吨、煤（焦炉煤气）制甲醇产能 768 万吨、煤（焦炉煤气）制乙二醇产能 120 万吨，形成以焦炉煤气为原料的多元化产品路线，以及以煤焦油、粗苯为原料的碳基新材料产业链，集聚了中科院山西煤化所、怀柔实验室山西研究院、赛鼎工程公司等科研实力达到国内先进水平的煤化工研究设计机构，具有较强研发能力。潞安集团组建了国家煤基合成工程技术研究中心，开展费托合成及高端油品和化学品研究，并取得一定成效。因此，在全国现代煤化工产业对比的基础上，本项目选择以陕西、山西、宁夏、新疆作为对标区域，对内蒙古自治区现代煤化工各技术分支产业发展进行定位分析。

3.2 煤制油产业定位

3.2.1 产业发展定位

		2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
煤直接制油	山西	35	21	31	14	21	25	11	29	12	0
	内蒙古	0	11	21	47	41	40	22	24	26	0
	宁夏	0	0	0	4	9	32	41	64	48	0
	陕西	9	4	16	8	7	18	15	7	7	1
	新疆	1	0	0	1	0	2	2	0	0	0
煤间接制油	陕西	62	45	56	94	75	77	96	70	53	0
	山西	45	46	51	53	56	49	42	36	24	0
	内蒙古	4	9	16	11	34	11	26	31	20	2
	新疆	14	14	14	11	6	11	16	18	26	1
	宁夏	0	1	4	4	6	11	12	17	9	2

图 3-2 煤制油集聚区专利申请趋势

对煤制油 5 个集聚区煤制油专利申请趋势进行对比，结果显示在煤直接制油技术分支上，山西省持续有专利技术申请，宁夏在专利布局上持续发力，申请趋势日渐增强，内蒙古自治区虽有持续产出，但在申请势头上有所下降。在煤间接制油技术分支上，陕西、陕西专利申请态势持续向好，专利申请绝对量均高于内蒙古自治区。

3.2.2 企业创新实力定位

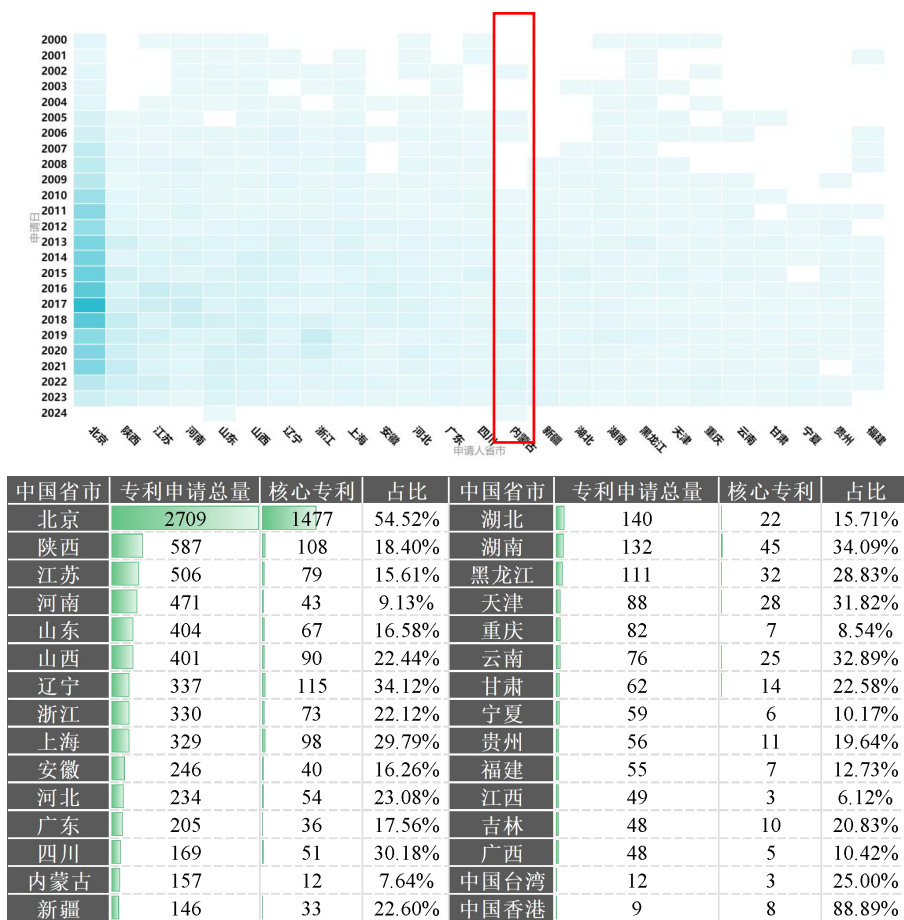
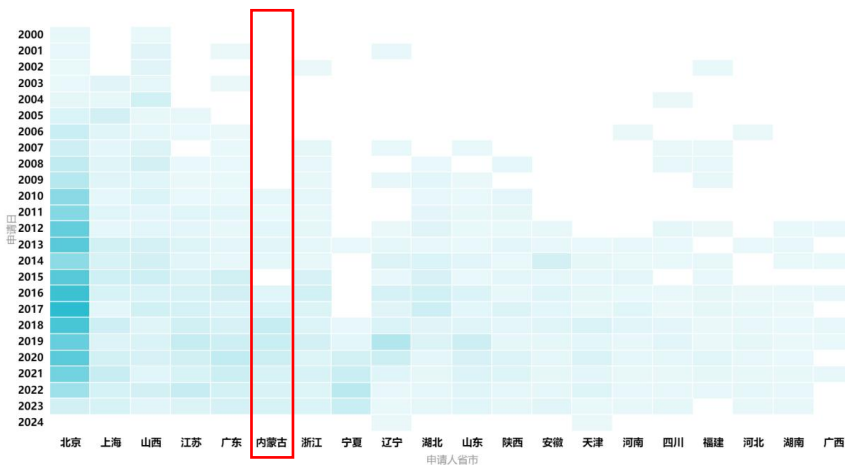


图 3-3 煤直接液化企业专利申请趋势与核心专利占比



中国省市	专利申请总量	核心专利	占比	中国省市	专利申请总量	核心专利	占比
北京	1461	880	60.23%	四川	44	6	13.64%
上海	290	119	41.03%	福建	40	3	7.50%
山西	286	184	64.34%	河北	24	0	0.00%
江苏	238	31	13.03%	湖南	21	5	23.81%
广东	233	26	11.16%	广西	15	4	26.67%
内蒙古	204	22	10.78%	重庆	15	2	13.33%
浙江	171	28	16.37%	江西	12	0	0.00%
宁夏	158	0	0.00%	吉林	6	0	0.00%
辽宁	152	21	13.82%	贵州	6	0	0.00%
湖北	133	61	45.86%	甘肃	6	0	0.00%
山东	127	9	7.09%	新疆	5	0	0.00%
陕西	88	20	22.73%	黑龙江	4	0	0.00%
安徽	86	10	11.63%	云南	4	0	0.00%
天津	70	5	7.14%	海南	3	1	33.33%
河南	46	2	4.35%	青海	1	0	0.00%

图 3-4 煤间接液化企业专利申请趋势与核心专利占比

在煤直接液化和间接液化技术分支上，内蒙古自治区企业专利申请均呈逐年上升趋势，与本地拥有较多煤制油企业密切相关。核心专利统计的标准包括经过诉讼、转让、许可、复审、无效、权利人变更、质押、保全等。在企业核心专利数量占比上，内蒙古自治区相较全国也显著较低。相比来说，间接液化技术相较于直接液化技术核心专利占比更高，体现了企业在煤间接液化技术上拥有更好的积极性和创新性。

3.2.3 创新人才储备定位

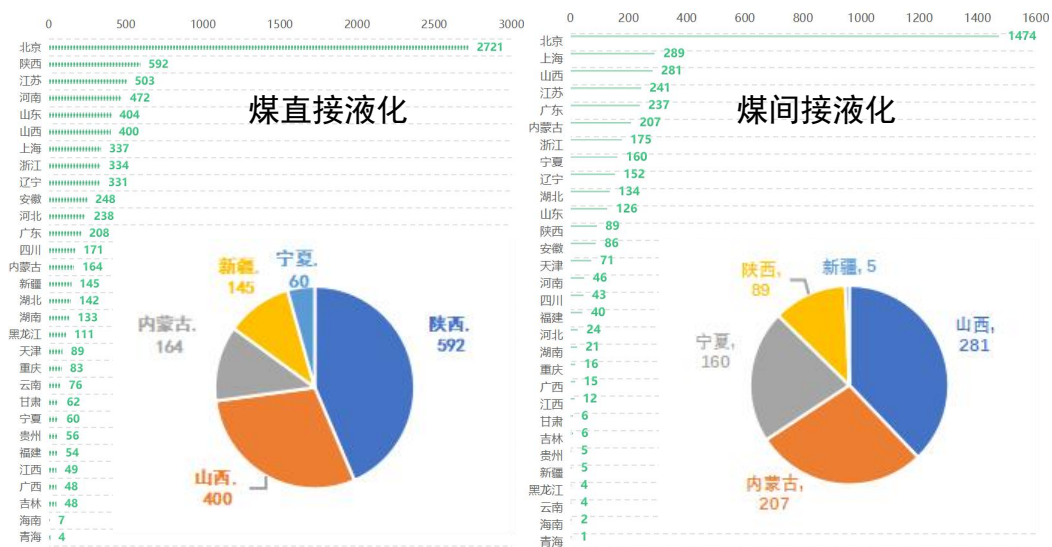


图 3-5 煤制油各省市创新人次拥有量

煤直接液化									煤间接液化										
陕西	专利量	山西	专利量	内蒙古	专利量	新疆	专利量	宁夏	专利量	山西	申请量	内蒙古	申请量	宁夏	申请量	陕西	申请量	新疆	申请量
李大鹏	48	崔晓曦	29	王凤彬	19	马风云	23	安良成	16	李德宝	130	钱震	88	张安贵	72	田佰起	16	余显军	1
王树宽	46	刘守军	27	冯浩	17	季书民	14	张安贵	14	贾丽涛	123	李俊成	87	安良成	50	刘忠文	15	周军	1
杨占彪	43	杜文广	27	李美菁	15	钟梅	13	梁雪美	8	侯博	113	张晓龙	61	金政伟	44	刘昭珠	14	周勇	1
李冬	42	安英保	26	王进平	12	贾志国	10	白天忠	8	李永旺	91	武靖为	53	袁华	39	郝青青	12	孙月强	1
郑化安	35	郑琪	26	叶涛	12	陈步宁	9	燕艺楠	7	孙予罕	78	晋青娥	43	郭中山	34	张浩	11	宋晓玲	1
黄传峰	33	杨焱	24	张志	12	刘景梅	8	张静	6	刘岩	61	高源	41	梁雪美	33	相会生	11	张永龙	1
马晓迅	31	张智彪	23	杜善周	12	张锦强	8	杨涛	2	相宏伟	55	苗恒	40	陈久洲	32	胡红军	11	张立	1
贺根良	31	张永发	23	张刚	11	熊新阳	8	张勇	2	陈从标	52	周岩	36	杨占奇	31	柳永兵	7	曹向前	1
李稳宏	29	杨建丽	23	马力通	11	高军	5	刘斌	2	任杰	48	郭良兰	34	石永杰	28	陈建刚	2	季全伟	1
韦孙昌	29	王影	21	肖德顺	10	张静	5			王俊刚	31	马国清	33	金梦	28	张伟	1	李守柱	1

图 3-6 煤制油集聚地区重点发明人创新成果拥有量

煤间接液化技术分支上内蒙古自治区所拥有的创新人才储备量以及重点发明人创新成果拥有量较煤直接液化领域在全国范围内是更具有竞争力的。

3.2.4 技术创新实力定位

对于技术创新实力定位，主要从煤直接液化和间接液化两个技术分支在全国省市或五个现代煤化工产业集聚省市专利申请量、专利申请趋势、专利有效性占比和有效专利维持年限四个方面进行分析。

整体来说，陕西和山西作对于煤制油技术的研发是处于领先地位的，陕西更偏重于煤直接液化技术的研究，也包括煤焦油加氢技术以及煤液化残渣的利用和改进；而山西和内蒙在煤直接液化和间接液化两个分支均有侧重，但内蒙古自治区整体申请量仅为陕西的二分之一。

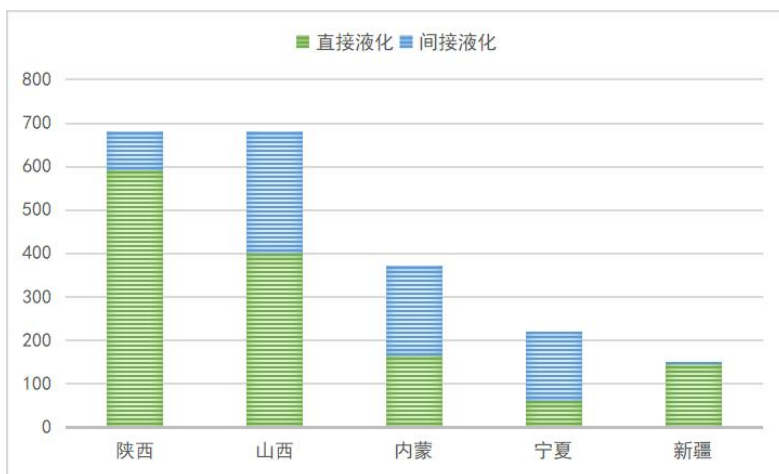


图 3-7 煤制油各技术分支在现代煤化工集聚地区的专利申请量

从申请趋势可以看出，除山西研究投入较早之外，其他各省市基本上是从 2000 年后才对煤制油专利技术投入研发。

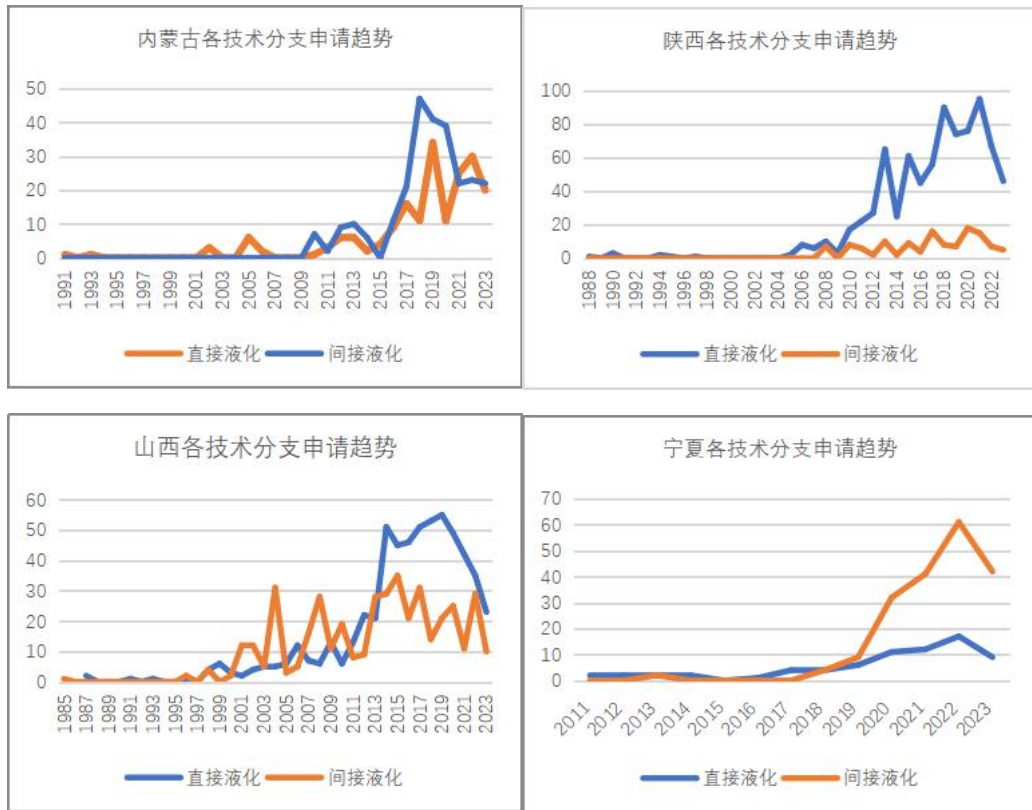


图 3-8 煤制油各技术分支在现代煤化工集聚地区的专利申请趋势

从专利有效性的角度来看，内蒙古与陕西、山西持平，但总体来说这五个现代煤化工产业集群地区的专利有效性均未达到 60%，专利质量还有待提高。从专利维持有效的年限来看，在煤直接液化技术分支，维持超过 10 年的专利较少；而在煤间接液化技术分支，山西的专利维持年限普遍较长，可见山西在煤间接液化技术领域的创新成果价值较高。

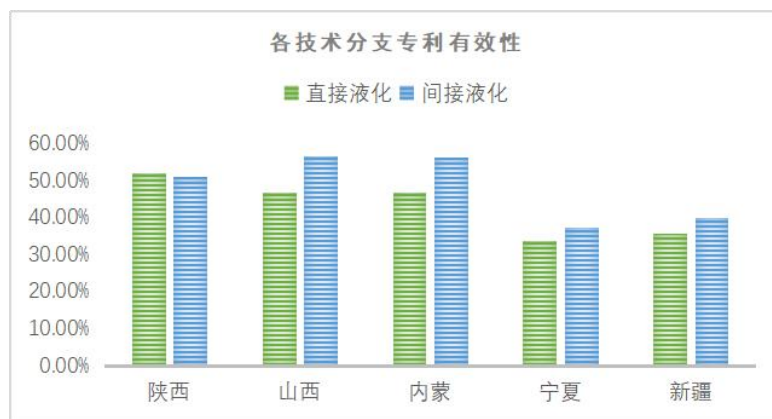


图 3-9 煤制油各技术分支在现代煤化工集聚地区的专利有效性

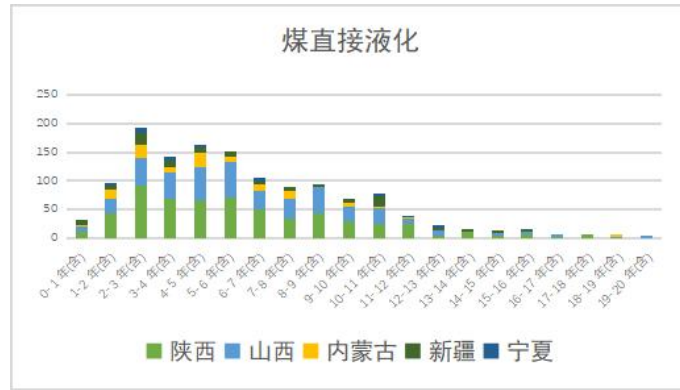


图 3-10 煤直接液化专利维持年限 (集聚区)

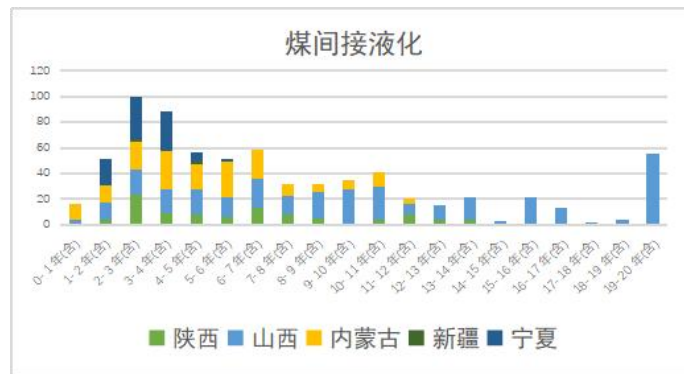


图 3-11 煤间接液化专利维持年限 (集聚区)

3.3 煤制烯烃产业定位

3.3.1 产业发展定位

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
陕西	5	3	6	4	18	6	8	6	5	0
山西	7	6	4	3	9	15	3	2	2	0
宁夏	0	2	5	4	0	14	18	11	13	0
内蒙古	0	0	2	1	7	4	1	3	2	1
新疆	0	0	0	0	0	4	8	1	0	0

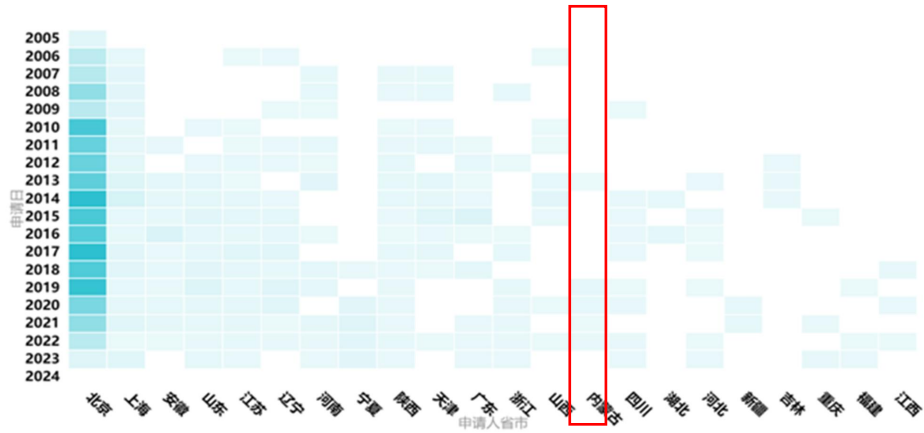
图 3-12 煤制烯烃集聚区专利申请趋势

在煤制烯烃五个产业集聚区的对比上，陕西、山西在专利申请总量上领先于其他区域，宁夏显示出较好的申请态势，内蒙古自治区在专利申请趋势和绝对量上均不占优。

3.3.2 企业创新实力定位

在煤制烯烃领域上，内蒙古自治区企业专利申请逐年上升，申请量居于全国省市排名的中下游水平，与其实际产业规模不相匹配。核心专利数量占比均居于

全国中部位位置。可见，内蒙古自治区企业整体煤制烯烃专利技术处于发展中阶段，还有待提升。

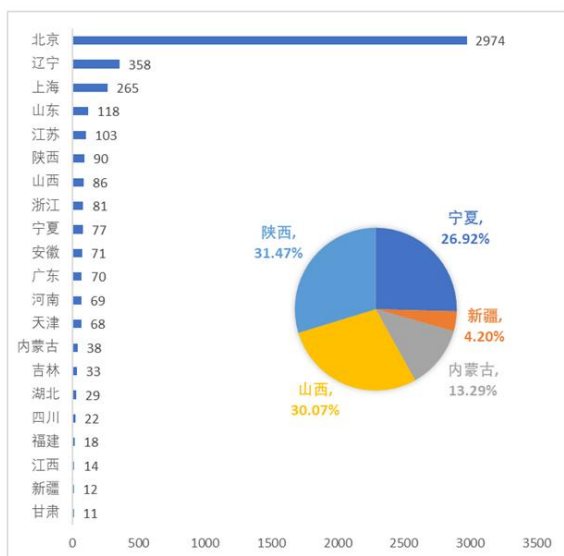


中国省市	专利申请总量	核心专利	占比	中国省市	专利申请总量	核心专利	占比
北京	1858	1072	57.70%	四川	39	2	5.13%
辽宁	219	64	29.22%	湖北	32	0	0.00%
上海	200	70	35.00%	内蒙古	38	8	21.05%
山西	131	12	9.16%	吉林	19	0	0.00%
江苏	106	12	11.32%	福建	16	2	12.50%
山东	82	19	23.17%	甘肃	13	0	0.00%
陕西	73	29	39.73%	江西	10	0	0.00%
浙江	72	2	2.78%	重庆	10	2	20.00%
宁夏	57	0	0.00%	新疆	8	0	0.00%
安徽	56	24	42.86%	湖南	7	0	0.00%
河南	55	12	21.82%	黑龙江	5	3	60.00%
广东	49	14	28.57%	中国香港	5	0	0.00%
天津	42	8	19.05%	青海	4	0	0.00%
河北	42	8	19.05%	贵州	3	0	0.00%

图 3-13 煤制烯烃企业专利申请趋势与核心专利占比

3.3.3 创新人才储备定位

如图 3-14 所示，在煤制烯烃领域全国范围内，内蒙古自治区拥有的创新人才数量较少，从重点发明人拥有的专利数量来看，没有具有绝对优势的创新人才。



内蒙古	专利申请量	宁夏	专利申请量	山西	专利申请量	陕西	专利申请量	新疆	专利申请量
刘鑫	6	赵天生	17	李德宝	11	刘中民	7	宋晓玲	6
卢振林	6	金政伟	17	贾丽涛	11	张世刚	7	张立	5
张庆海	6	张安贵	14	李忠	10	刘建斌	6	余盟军	3
李先亮	6	范秉兵	14	侯博	9	刘忠文	6	叶展	3
邵永飞	6	张建利	13	孟凡会	7	张宝民	6	周军	3
李凤	5	任壮	10	樊卫斌	6	陈亚妮	6	巨文奎	3
徐岩文	4	杨顺	9	董梅	6	马晓迅	6	张永龙	3
周晨亮	3	石好高	9	张威	5	吕志辉	5	李伟	3
王启明	3	石永杰	9	李晓峰	5	宋永红	5	李进	3
赵云亮	3	董国如	9	李莉	5	李冰	5	齐玉山	2

图 3-14 煤制烯烃创新人次和重点发明人创新成果拥有量

3.3.4 技术创新实力定位

如图 3-15 和图 3-16 所示，内蒙古自治区煤制烯烃的申请量主要包括煤制乙烯和煤制丙烯等技术，二者的占比相当，说明内蒙古自治区对煤制乙烯投入了与煤制丙烯技术不相上下的关注度，同时，内蒙古自治区没有申请合成气/甲烷制烯烃技术相关专利。内蒙古自治区从整体申请趋势上来看，技术起步较其他集聚地区更晚。

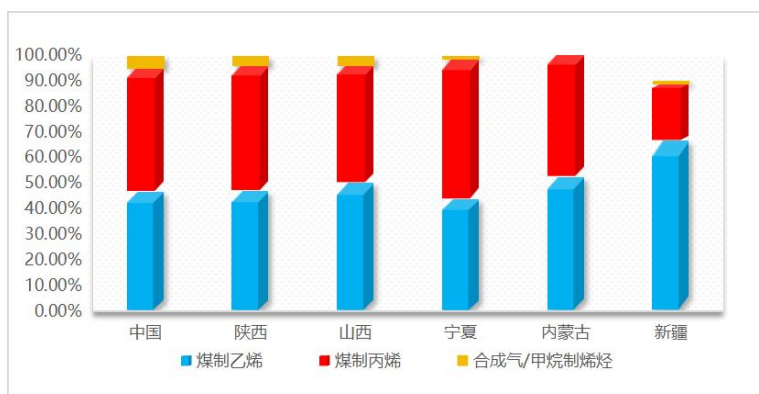


图 3-15 煤制烯烃各技术分支在现代煤化工集聚地区的专利申请量占比

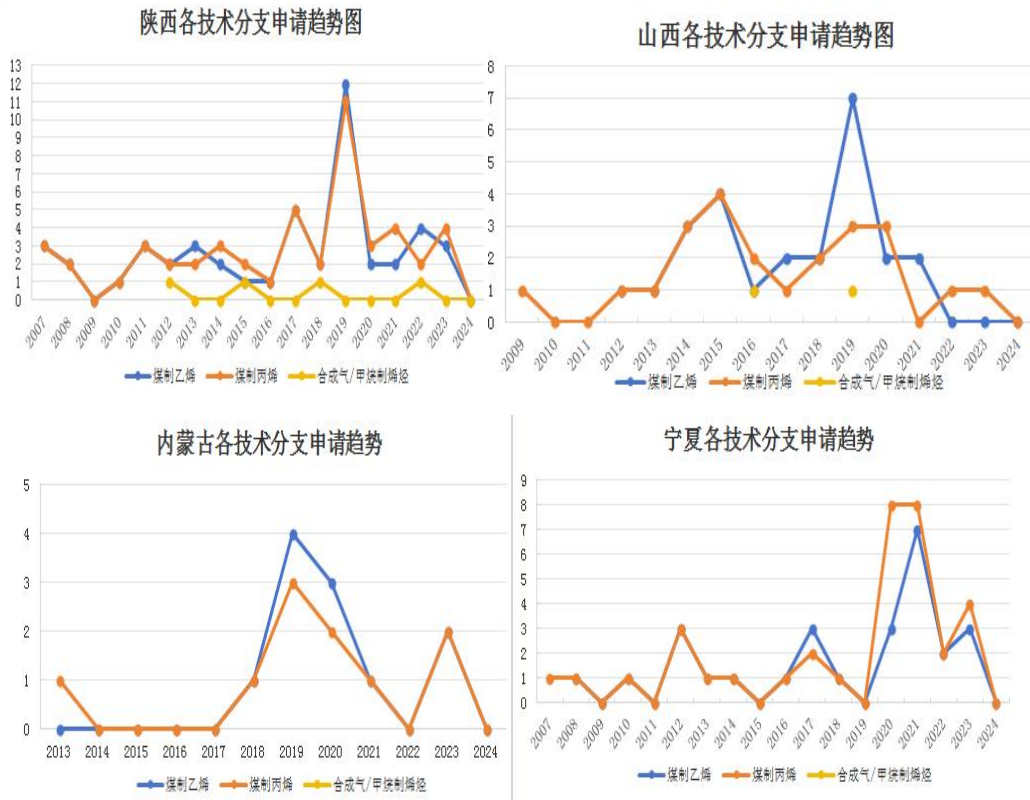


图 3-16 煤制烯烃各技术分支在现代煤化工集聚地区的专利申请趋势

从专利有效性的角度来看，内蒙古自治区由于各技术分支的专利申请日较为靠后，各分支有效性占比接近，整体比例要高于山西和陕西地区。从专利维持有效的年限来看，内蒙古自治区由于技术起步较晚，没有维持超过 10 年的专利。陕西和山西对于煤制烯烃方面技术创新成果的重视程度更高。

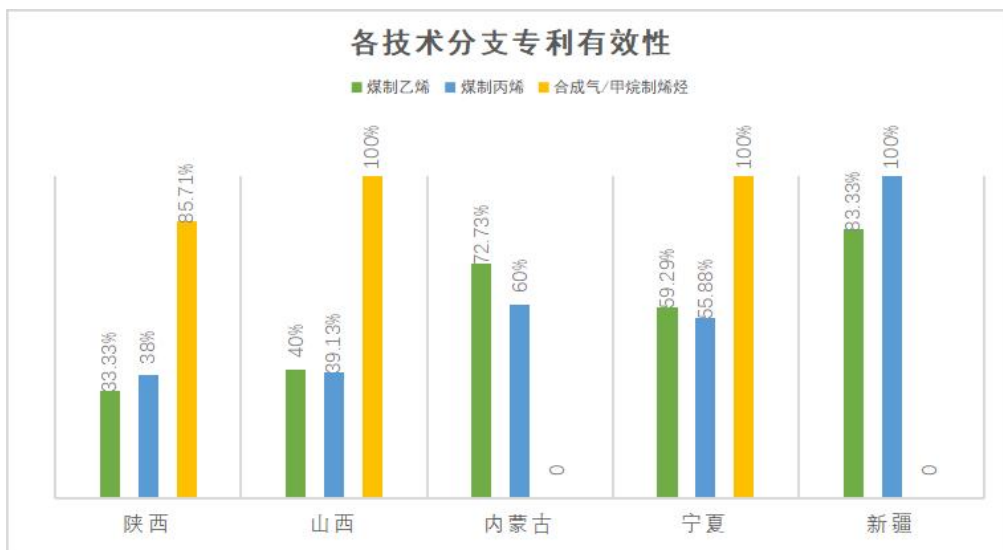


图 3-17 煤制烯烃各技术分支在现代煤化工集聚地区的专利有效性

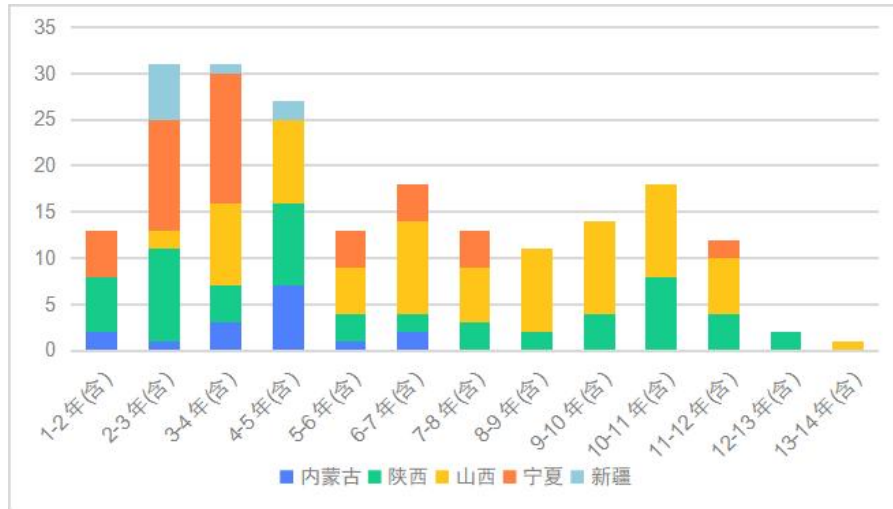


图 3-18 煤制烯烃在现代煤化工集聚地区的专利维持年限

3.4 煤制乙二醇产业定位

3.4.1 产业发展定位

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
山西	6	10	10	10	19	13	18	11	7	2
陕西	1	4	8	9	9	17	8	12	17	0
新疆	2	2	9	1	5	11	7	5	13	1
内蒙古	0	0	5	4	11	9	2	4	3	0
宁夏	2	0	1	0	5	2	2	4	7	0

图 3-19 煤制乙二醇集聚区专利申请趋势

在煤制乙二醇五个产业集聚区的对比上，山西、陕西同样具有较好的发展态势和技术布局，内蒙古自治区则相对处于弱势态势。

3.4.2 企业创新实力定位

企业核心专利占比多，从一定程度上可以体现其具有高效的研发团队，明确的研究方向和扎实的研究基础，核心专利占比更能体现企业或地区的研究价值。可见，陕西的企业创新能力在 5 个现代煤化工产业集聚地区中属于前列，新疆和内蒙古自治区紧随其后，体现了此地区产业发展较好，且企业创新动力强劲。内蒙古自治区虽然绝对核心专利数量较低，但其核心专利占比在全国主要地区范围排名前十，体现其在煤制乙二醇方面具有较强的实力。



中国省市	有效专利	核心专利	核心专利占比	中国省市	有效专利	核心专利	核心专利占比
安徽	41	17	41.46%	广东	35	5	14.29%
河南	47	16	34.04%	浙江	86	12	13.95%
重庆	6	2	33.33%	江苏	147	19	12.93%
中国香港	3	1	33.33%	山西	57	7	12.28%
甘肃	17	5	29.41%	天津	75	9	12.00%
宁夏	8	2	25.00%	新疆	25	2	8.00%
广西	4	1	25.00%	辽宁	202	16	7.92%
湖北	41	10	24.39%	四川	42	3	7.14%
内蒙古	19	4	21.05%	北京	554	22	3.97%
福建	72	15	20.83%	陕西	30	1	3.33%
湖南	20	4	20.00%	云南	10		0.00%
吉林	16	3	18.75%	黑龙江	3		0.00%
山东	166	28	16.87%	海南	2		0.00%
河北	12	2	16.67%	贵州	1		0.00%
江西	6	1	16.67%	贵州	1		0.00%
上海	182	29	15.93%				

图 3-20 煤制乙二醇企业专利申请趋势与核心专利占比

3.4.3 创新人才储备定位

如图 3-21 所示，在煤制乙二醇领域，内蒙古自治区拥有的创新人才数量相对较少，主要原因在于研究人才队伍本地化程度不够。内蒙古自治区的头部申请人所拥有的专利数量与其他三个地区如新疆、山西、陕西的重点发明人相比较少，可见该地区没有具有绝对优势的发明人。

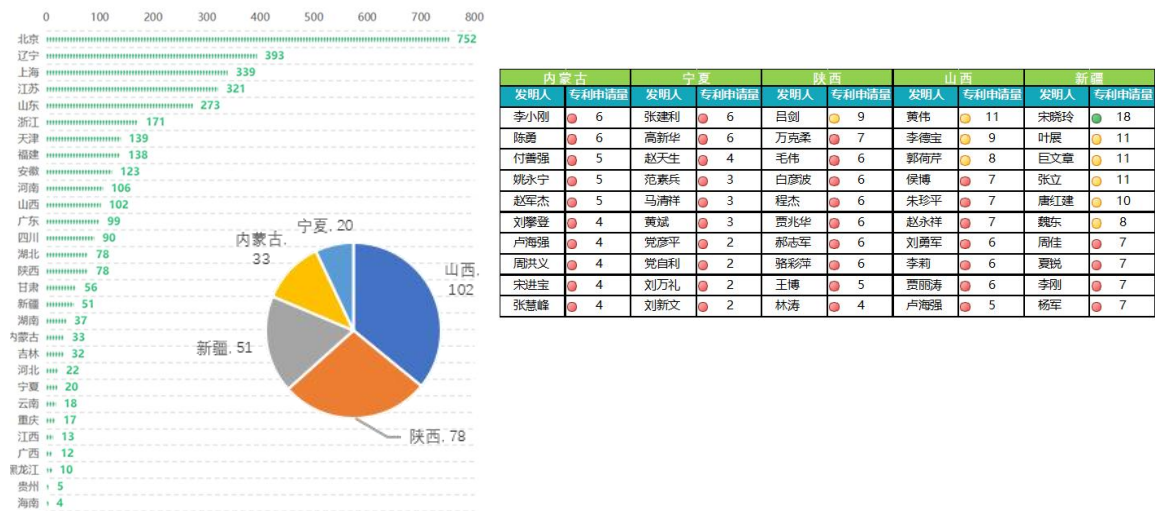


图 3-21 煤制乙二醇创新人次和重点发明人创新成果拥有量

3.4.4 技术创新实力定位

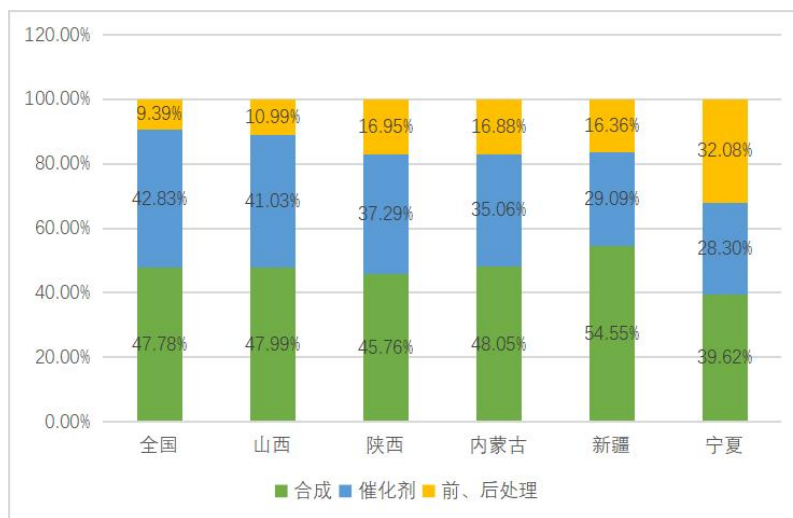


图 3-22 煤制乙二醇各技术分支在现代煤化工集聚地区的专利申请量占比

从图 3-22 可以看出，新疆在合成领域的专利申请数量占比较大，超过了 50%。内蒙古自治区的技术创新领域与全国趋势基本一致。5 省市地区在前、后处理领域主要产煤地区的占比量均高于全国水平，其可能的原因是，在主要产煤地区因实际生产需求，在不涉及核心合成和催化剂研发的情况下，为了进行正常生产和获得所需产品，与之密切相关的前、后处理等的研发被重点关注，因此其相应的专利申请数量增加。

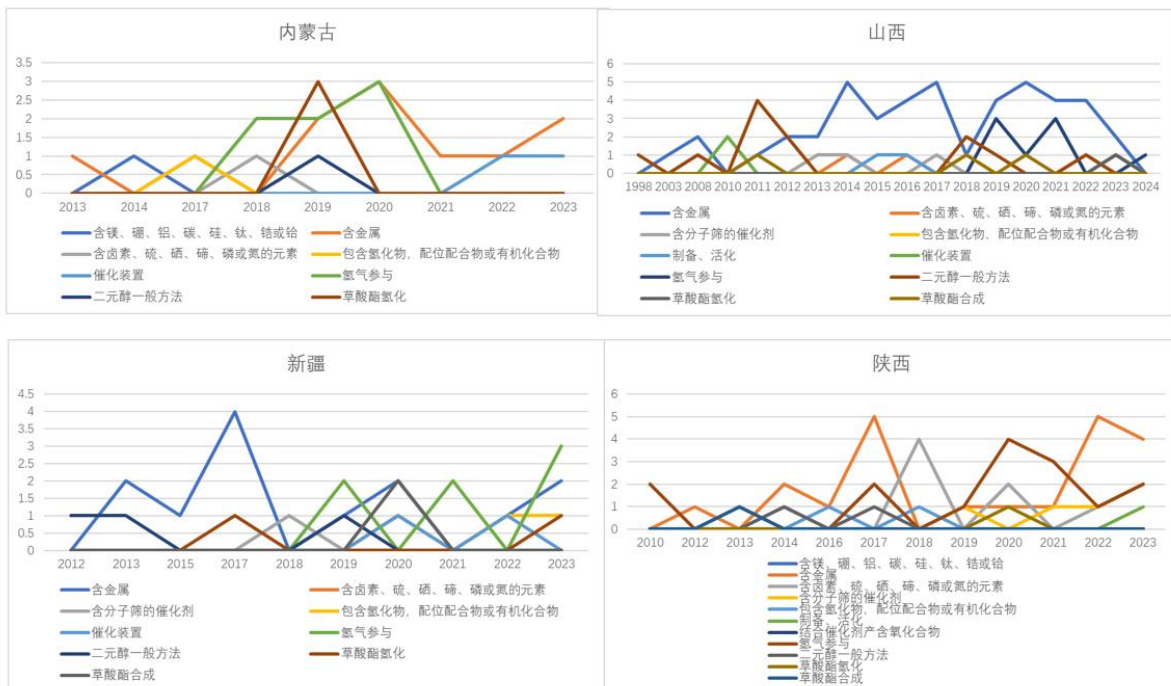
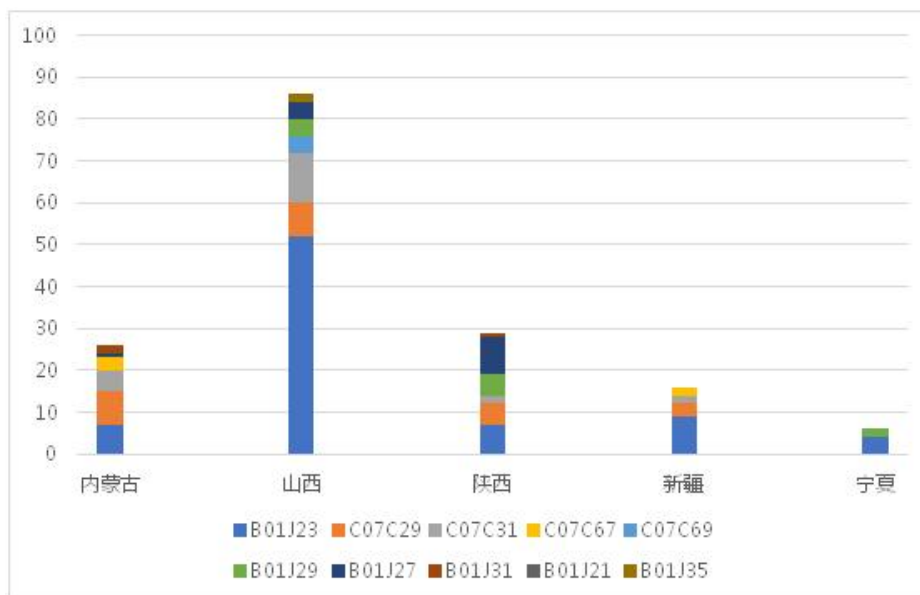


图 3-23 煤制乙二醇各技术分支在现代煤化工集聚地区的专利申请趋势

图 3-23 是针对内蒙古、山西、陕西和新疆各技术环节专利申请分布情况，由此可以看出，各地区的专利申请技术领域都有一定的选择性和偏重。



维持时间	山西	陕西	内蒙古	新疆	宁夏
0-1 年(含)	2	2	1	1	0
1-2 年(含)	6	3	2	3	5
2-3 年(含)	16	9	2	5	3
3-4 年(含)	13	17	4	6	2
4-5 年(含)	17	4	12	2	8
5-6 年(含)	9	11	4	6	0
6-7 年(含)	4	2	2	11	0
7-8 年(含)	11	4	2	0	0
8-9 年(含)	3	0	0	3	0
9-10年(含)	8	2	0	0	0
10-11年(含)	8	4	0	1	0
11-12 年(含)	2	2	0	0	0
12-13 年(含)	2	0	0	0	0
13-14 年(含)	6	0	4	0	0
14-15 年(含)	0	0	0	0	0
15-16 年(含)	6	0	0	0	0

图 3-24 煤制乙二醇各技术分支在现代煤化工集聚地区的专利有效性与维持时间

从上 5 省市有效专利技术分支布局来看，各省市的重点研究方向为金属催化剂领域，内蒙古自治区在各技术分支中发展最均衡，其对工艺和催化剂的研究处于齐头并进。从 5 省市有效专利维持年限来看，总体上有效专利维持年限集中在 2-8 年间。山西的专利维持年限有长达 16 年的，内蒙古自治区有专利维持年限有长达 14 年的。可见，两地对于煤制乙二醇的技术重视度较高。

3.5 煤制芳烃产业定位

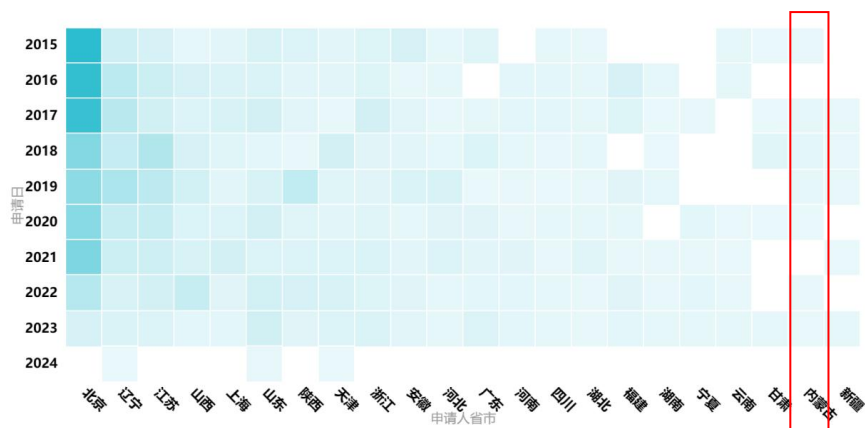
3.5.1 产业发展定位

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
山西	3	15	10	15	18	11	13	27	5	0
陕西	10	6	6	2	30	8	10	14	7	0
宁夏	0	0	2	0	0	5	2	5	4	0
内蒙古	2	0	3	5	3	1	0	2	1	1
新疆	0	0	2	2	2	0	1	0	5	0

图 3-25 煤制芳烃集聚区专利申请趋势

煤制芳烃五个集聚区专利申请中，山西、陕西的专利申请绝对量和申请态势远好于其他三个区域，内蒙古自治区虽也有持续创新，但专利申请上仍显薄弱。

3.5.2 企业创新实力定位



中国省市	专利申请总量	核心专利	占比	中国省市	专利申请总量	核心专利	占比
江西	11	2	18.18%	天津	83	6	7.23%
云南	17	3	17.65%	北京	793	44	5.55%
河南	42	6	14.29%	广东	49	2	4.08%
吉林	7	1	14.29%	辽宁	214	8	3.74%
陕西	85	12	14.12%	福建	31	1	3.23%
上海	118	15	12.71%	宁夏	24		0.00%
湖南	24	3	12.50%	甘肃	16		0.00%
湖北	34	4	11.76%	内蒙古	14		0.00%
山西	131	15	11.45%	新疆	12		0.00%
浙江	83	7	8.43%	黑龙江	11		0.00%
四川	36	3	8.33%	青海	3		0.00%
江苏	186	15	8.06%	广西	2		0.00%
安徽	62	5	8.06%	贵州	2		0.00%
河北	51	4	7.84%	中国台湾	2		0.00%
山东	115	9	7.83%	重庆	1		0.00%

图 3-26 煤制芳烃企业专利申请趋势与核心专利占比

在煤制芳烃技术领域中，内蒙古自治区增长趋势不明显，专利拥有量储备不足，与五个现代煤化工集聚区相比也处于较低的增长趋势。在专利申请绝对量不高的情况下，内蒙古自治区企业拥有的核心专利数量也不高。

3.5.3 创新人才储备定位

如图 3-27，内蒙古自治区在煤制芳烃领域拥有的创新人次比较少，整体创新活跃度较低，并且重点发明人拥有的专利数量也不具有竞争力。



图 3-27 煤制芳烃创新人次和重点发明人创新成果拥有量

3.5.4 技术创新实力定位

如图 3-28 和图 3-29 所示，内蒙古自治区在芳烃的合成工艺方面没有相关的专利技术，同样无论是申请量还是占比，其他几个集聚省市在该技术领域也不占优势。从申请趋势上来看，内蒙古自治区在整体煤制芳烃的研发起步相对较晚，在近几年才开始有所发展，且创新成果拥有量很少，还处于起步阶段。

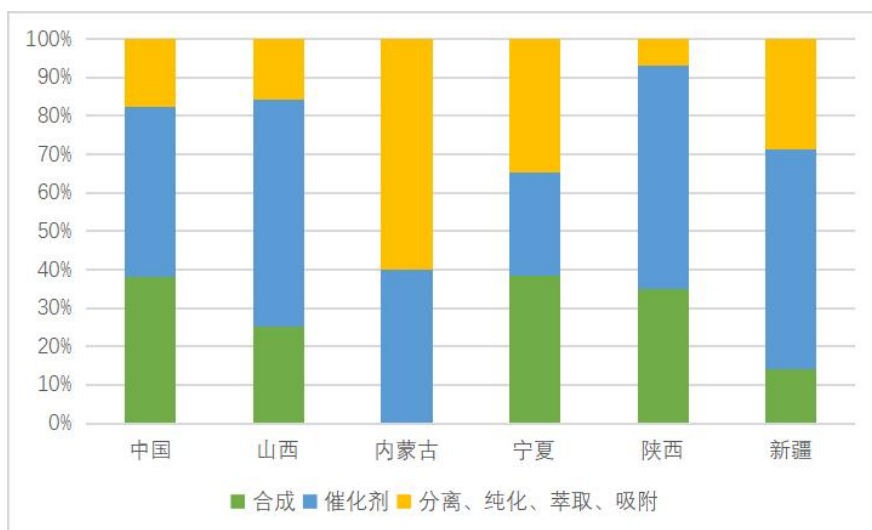


图 3-28 煤制芳烃各技术分支在现代煤化工集聚地区的专利申请量占比

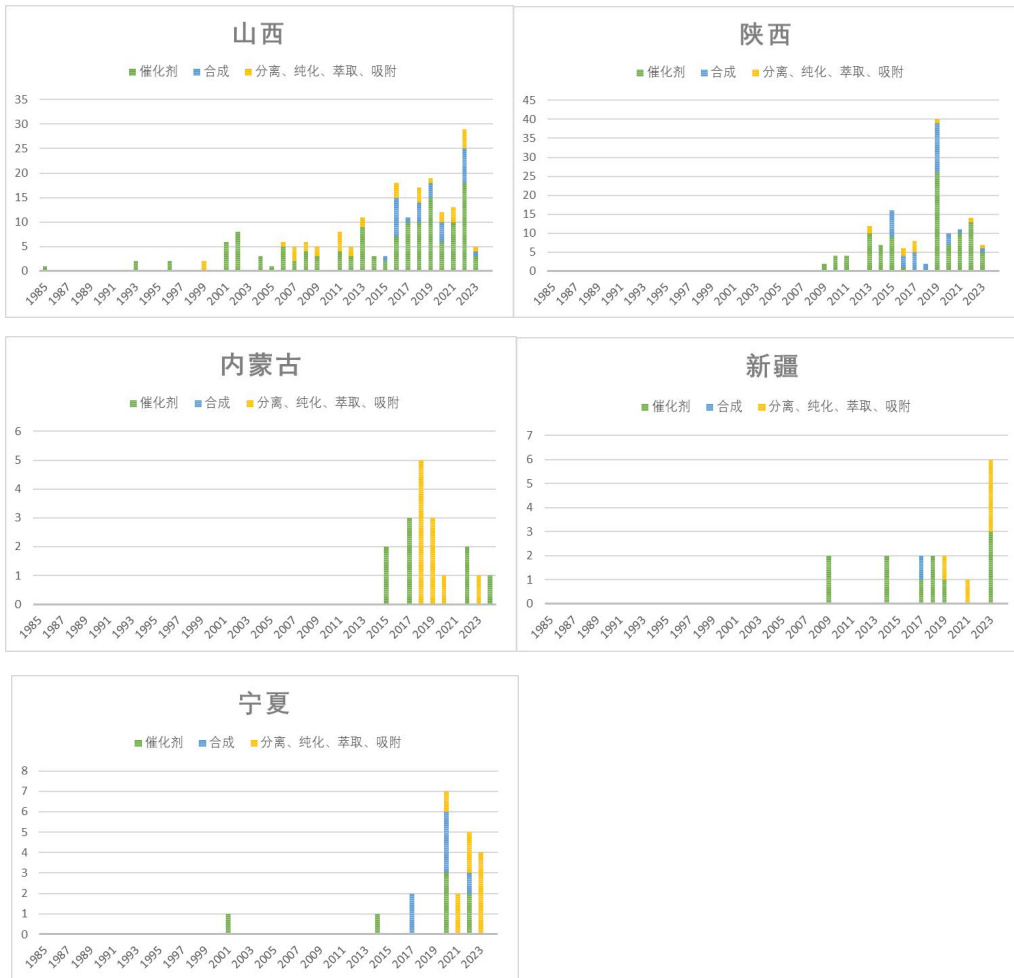


图 3-29 煤制芳烃各技术分支在现代煤化工集聚地区的专利申请趋势

在五个集聚地区，煤制芳烃由于整体技术起步时间都相对较晚，有效性比例是较高的。

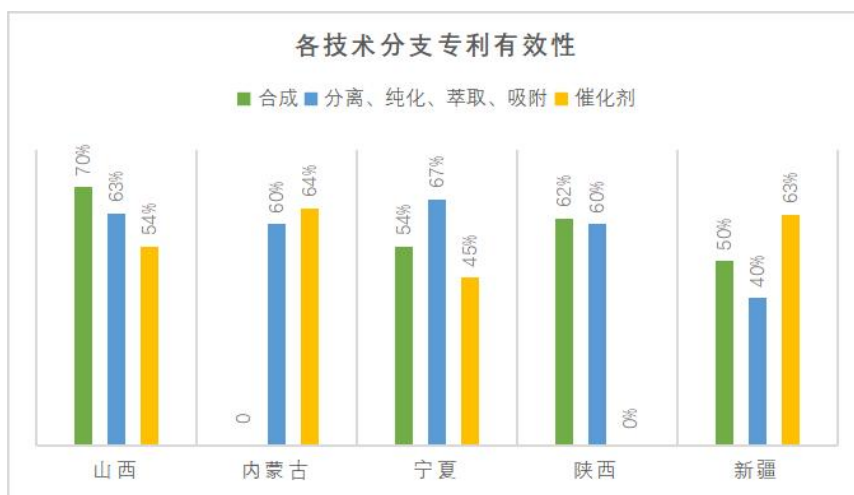


图 3-30 煤制芳烃各技术分支在现代煤化工集聚地区的专利有效性占比

3.6 煤制气产业定位

3.6.1 产业发展定位

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
山西	63	49	38	13	18	18	19	7	9	0
陕西	9	19	21	26	30	22	33	9	18	0
内蒙古	1	4	5	7	5	6	2	3	3	0
宁夏	2	1	0	0	11	6	4	3	3	0
新疆	1	1	1	2	0	1	2	2	0	0

图 3-31 煤制气集聚区专利申请趋势

在煤制气五个集聚区专利申请态势上，整体呈现出专利申请减少的趋势，其中陕西在技术创新上具有更好的持续性。煤制气领域，内蒙古自治区产能位居全国第一，但是其专利布局与产能不相匹配。

3.6.2 企业创新实力定位

图 3-32 展示了各省市企业专利申请量趋势，可以看出北京的专利申请量最多。辽宁，江苏、上海、山东、浙江等的专利申请量比较平缓，稳中有涨。可见该技术在国内属于新兴发展的，现正处于高速发展时期。在现代煤化工集聚地区，新疆的煤制气核心专利最多，占比达到了 42.86%。煤制气也是新疆现代煤化工的重点技术产业。而内蒙古自治区不具有核心专利。

申请日	北京	辽宁	江苏	上海	山西	浙江	四川	山东	广东	福建	陕西	湖北	天津	安徽	河北	湖南	云南	河南	江西	重庆	内蒙古	甘肃	吉林	广西	黑龙江	宁夏	新疆	贵州
2015	209	33	43	32	63	16	21	25	13	13	9	15	15	10	13	3	6	11	2	1	1	3		4	2	2	1	
2016	168	66	35	44	49	20	16	6	7	20	19	17	7	9	11	13	4	4	2	3	4	2	2	2		1	1	
2017	171	44	42	35	38	18	116	12	7	36	20	13	9	6	6	6	1	5	6	6	5	1	2	5	3		1	
2018	113	92	39	36	13	19	24	20	10	20	26	13	13	16	23	10	8	9	4	1	7	2	5		2		2	8
2019	100	73	29	23	18	63	18	34	41	29	30	18	15	13	15	21	5	9	3	5	5	2		3	1	11		1
2020	147	46	45	26	18	31	16	47	14	18	22	23	19	15	2	8	6	2	7	2	6	4	1	3		6	1	
2021	107	58	54	44	19	25	11	37	36	26	33	19	13	20	10	7	10	6	5	1	2	5	7	5	2	4	2	2
2022	79	31	68	46	7	35	9	45	32	17	9	14	13	26	5	5	11	14	12	8	3	5	4	1	1	3	2	2
2023	31	16	28	21	9	30	10	23	27	17	18	11	12	15	8	8	7	4	7	4	3	5		1	3	3		
2024	2																											

中国省市	专利申请量	核心专利数	占比	中国省市	专利申请量	核心专利数	占比
新疆	14	6	42.86%	河南	38	5	13.16%
重庆	27	10	37.04%	山东	191	25	13.09%
河北	108	36	33.33%	江苏	292	36	12.33%
四川	132	40	30.30%	江西	33	4	12.12%
北京	1279	343	26.82%	吉林	17	2	11.76%
上海	245	62	25.31%	甘肃	18	2	11.11%
天津	92	23	25.00%	福建	142	14	9.86%
山西	239	59	24.69%	安徽	79	6	7.59%
浙江	215	50	23.26%	湖南	60	4	6.67%
湖北	118	26	22.03%	陕西	125	8	6.40%
广西	10	2	20.00%	内蒙古	13	0	0.00%
辽宁	402	74	18.41%	黑龙江	5	0	0.00%
广东	131	24	18.32%	宁夏	22	0	0.00%
云南	28	5	17.86%	贵州	4	0	0.00%

图 3-32 煤制气企业专利申请趋势与核心专利占比

3.6.3 创新人才储备定位

在各省市创新人才对比中，北京的创新人才人次达到了 1790 次，位居全国第一。此外在 5 个煤化工产业聚集区煤制烯烃领域的创新人才人次中，陕西分居第一，达到了 424，此外内蒙古自治区的占比位于第三，达到了 41 人次。

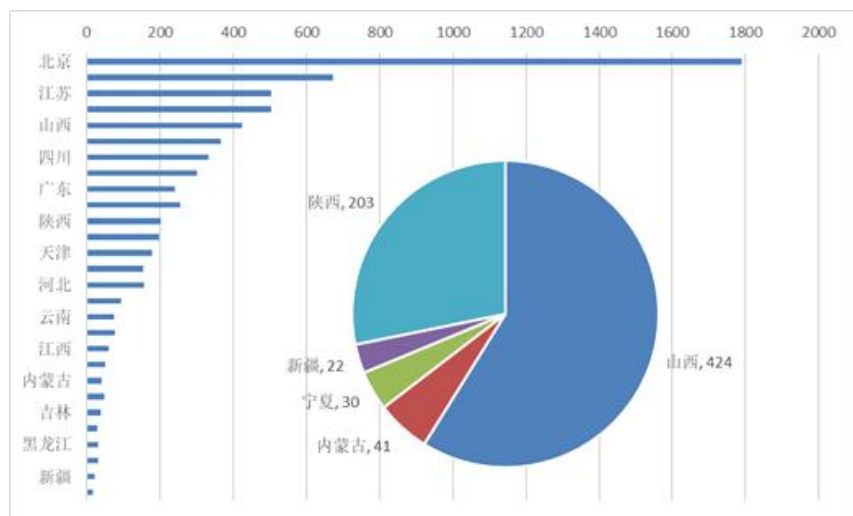


图 3-33 煤制气各省市创新人才拥有量

表 3-1 中山西赛鼎工程有限公司的崔晓曦的专利申请量达到了 47 件，其聚焦于煤制天然气的制备工艺，特别是耐硫甲烷化生产工艺。中国科学院山西煤炭化学研究所的李德宝团队则更多关注煤制天然气的甲烷化工艺优化以及催化剂研发等领域，催化剂在甲烷化工艺中的寿命以及选择性是国产化替代率低的重要原因。内蒙古工业大学王红教授和刘进荣教授带领研究团队通过动力学和不同条件下的原位红外分析，揭示了催化剂表面酸碱性质对 CO₂ 甲烷化反应活性和选

择性的影响，为 CO₂ 甲烷化催化剂设计提供了参考。

表 3-1 煤制气集聚地区重点发明人

省份	山西	陕西	宁夏	内蒙古	新疆
发明人	崔晓曦	马晓迅	赵天生	王红	代斌
	张庆庚	张伟	金政伟	张良行	冉令慧
	李晓	刘俊霞	张安贵	王晓燕	刘红霞
	李德宝	李大鹏	范素兵	李国强	吴丽娟
	曹会博	李婷	张建利	李永旺	张建树
	李忠	许龙龙	庄壮	胡瑞生	张永锋
	贾丽涛	彭东	杨顺	刘进荣	朱明远
	范辉	朱燕燕	石好亮	黄礼春	朱瑞春
	林明桂	任花萍	石永杰	张伟达	李永亭
	马英民	冯帅军	董国如	李园园	李超帅

3.6.4 技术创新实力定位

从图 3-34 煤制气各技术分支在现代煤化工集聚地区的专利申请量占比来看，催化剂作为煤制气领域的核心技术，国产化替代率较低，也是当前国内煤制气的研发热点技术。从图 3-35 煤制气各技术分支在现代煤化工集聚地区的专利申请趋势看，无论是催化剂技术还是合成技术，几大区域在 2017 年以后都有了明显的专利申请量的增长。值得注意的是，山西在 2014 年前后有了明显的专利申请量峰值，这得益于太原理工大学在煤制气领域中的深入研发投入。

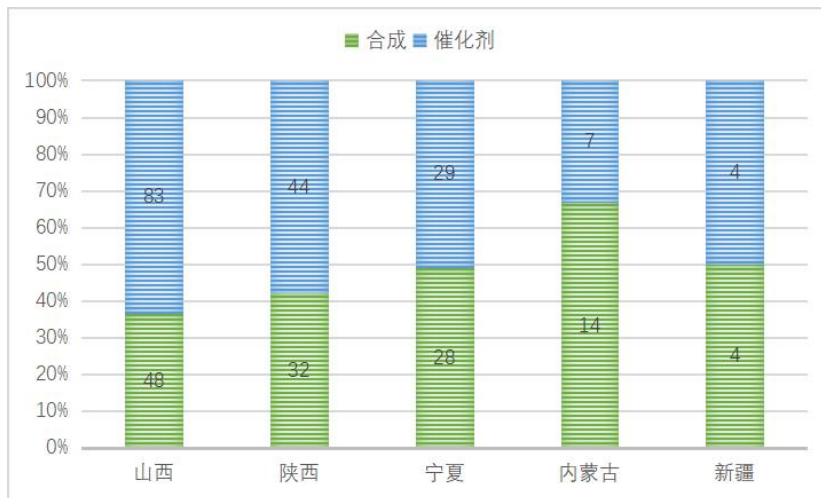


图 3-34 煤制气各技术分支在现代煤化工集聚地区的专利申请量占比

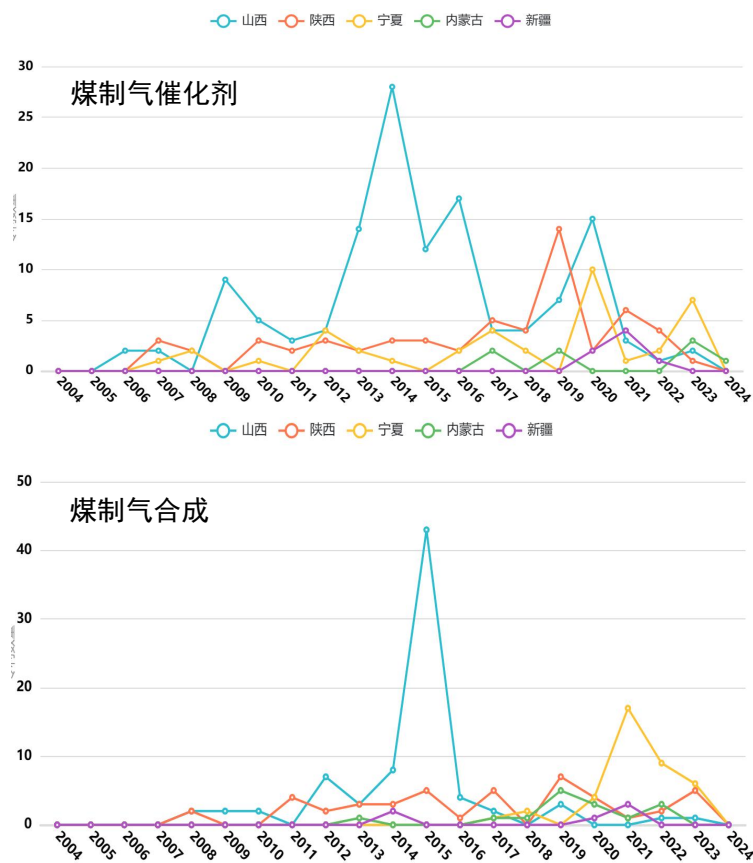


图 3-35 煤制气各技术分支在现代煤化工集聚地区的专利申请趋势

如图 3-36 几个区域在煤制气的合成等工艺方面均具有较高的专利有效占比。但是催化剂领域的情形则参差不齐。其中，山西省有较多的科研院所参与了煤制气的研发，其合成技术和催化剂技术的有效专利占比均达到了六成以上。而新疆地区专利数量较少，有效占比也较高。在维持年限上，宁夏，内蒙古以及新疆的维持年限普遍在 5 年以下，其中山西省 8—9 年维持年限的专利最多，达到了 41 件，这里有较多是太原理工大学在催化剂领域的研究成果。

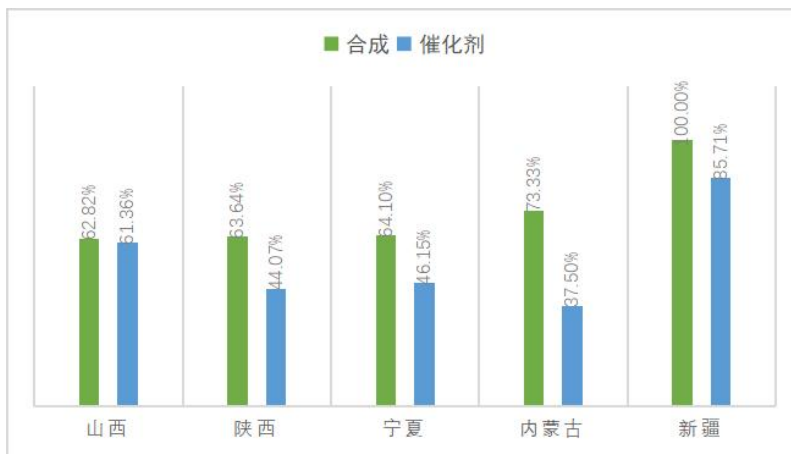


图 3-36 煤制气技术分支专利有效性占比（集聚区）

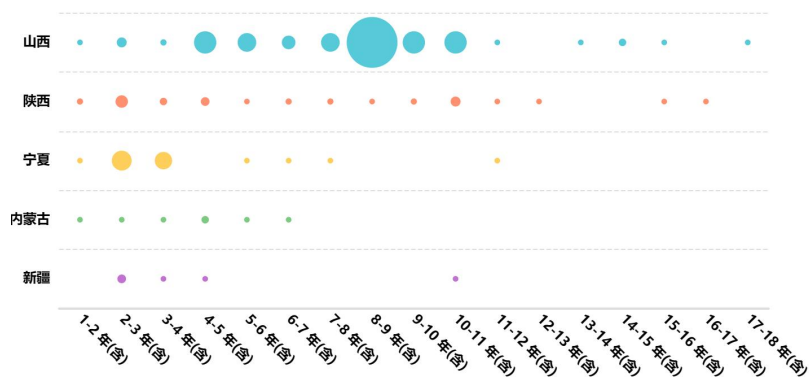


图 3-37 煤制气专利维持时间（集聚区）

3.7 CCUS 产业定位

3.7.1 产业发展定位

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
陕西	11	26	32	34	26	38	119	113	88	4
山西	51	23	24	14	16	38	38	54	40	0
内蒙古	0	5	3	9	6	5	21	7	19	1
新疆	3	1	2	3	6	7	9	18	23	1
宁夏	2	5	4	5	4	3	7	6	10	0

图 3-38 CCUS 集聚区专利申请趋势

在 CCUS 集聚区专利申请中，总体态势上各集聚区在 CCUS 专利布局上的意愿逐年增加，这与当前双碳战略相吻合，也证明政策支持对于产业技术创新具有重要推动作用，但是内蒙古自治区在专利申请的绝对量上远低于山西和陕西，因此，可更加积极推动相关创新主体在该领域的专利布局。

3.7.2 企业创新实力定位

如图 3-39，内蒙古自治区 CCUS 领域企业申请人所拥有的申请量居于全国省市排名的中后段。核心专利数量占比居于全国中部偏后位置。可见，内蒙古自治区企业整体 CCUS 专利技术仍处于起步待发展的阶段。

申请人地区	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
北京	39	41	39	65	60	55	149	160	98	5
江苏	8	6	30	8	57	22	30	55	60	
陕西	1	12	9	17	14	17	64	64	50	1
上海	8	13	12	7	6	4	24	34	27	2
浙江		6	9		5	8	31	56	44	2
山东	5	5	4	8	8	11	22	30	29	4
广东	4	5	3	3	9	13	12	26	35	2
四川	9	13	8	13	2	6	11	24	19	2
山西	22	11	9	2	6	7	17	13	6	
河北	2	11	4	8	9	4	16	12	13	
辽宁	1	1		3	9	8	16	26	18	
安徽	1	2	5	14	2	1	16	22	23	
湖北	5	5		2	3	1	15	15	16	
湖南		1	37		11	2	6	4	9	
河南		5	4	7	2	3	9	11	13	1
重庆	3	1		1	1	6	14	12	17	
天津	2	1	3		12	3	8	21	7	
内蒙古		1	1	6	3	4	12	5	9	1
新疆	2		1	1	3	2	5	14	12	1
广西	10	2			1	1	1	7	2	
福建	1	1					3	6	4	1
贵州		1		3	5			1	2	
甘肃	1				2	3	2	2	5	
黑龙江	1						1	8	3	
宁夏	1	2		1	1		2	3	8	

中国省市	专利申请量	核心专利数	占比	中国省市	专利申请量	核心专利数	占比
河南	106	23	21.70%	吉林	32	3	9.38%
中国香港	5	1	20.00%	广西	12	1	8.33%
安徽	123	21	17.07%	天津	139	11	7.91%
河北	22	3	13.64%	江西	13	1	7.69%
福建	138	18	13.04%	江苏	321	23	7.17%
湖北	78	10	12.82%	广东	99	7	7.07%
山东	273	34	12.45%	山西	102	7	6.86%
四川	90	11	12.22%	辽宁	392	16	4.08%
内蒙古	33	4	12.12%	新疆	51	2	3.92%
重庆	17	2	11.76%	北京	751	27	3.60%
湖南	37	4	10.81%	陕西	78	1	1.28%
甘肃	56	6	10.71%	云南	17		0.00%
上海	339	34	10.03%	黑龙江	10		0.00%
宁夏	20	2	10.00%	贵州	5		0.00%
浙江	171	17	9.94%	海南	4		0.00%

图 3-39 CCUS 企业专利申请趋势与核心专利占比

3.7.3 创新人才储备定位

在省市所拥有的创新人才储备量方面，山西和陕西属于现代煤化工产业集聚区，拥有的创新人才数量处于全国第二梯队。新疆和内蒙古拥有量接近。内蒙古自治区的头部申请人所拥有的专利数量明显少于其他四个地区的重点发明人，可见该地区没有具有绝对优势的发明人。发明人刘海建所属的申请人为新能源有限公司。

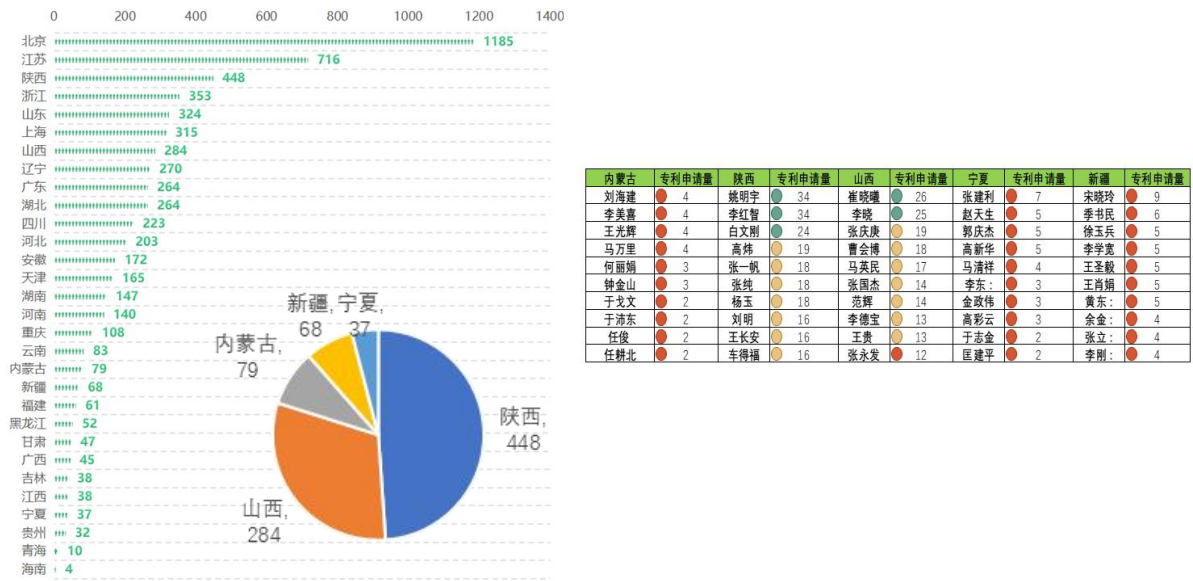


图 3-40 CCUS 创新人次和重点发明人创新成果拥有量

3.7.4 技术创新实力定位

内蒙古自治区相比于其他区域，对二氧化碳的转化和利用技术申请量占比更高，说明内蒙古自治区对转化和利用投入了与捕集技术不相上下的关注度。值得注意的是，新疆整体申请量与内蒙古是相近的，但其对于封存技术的专利申请量明显高于内蒙古。新疆关于封存技术的研究主要来自新疆敦华绿碳技术股份有限公司，是国内唯一的 CCUS 专业化全产业链高新技术民营企业。从整体申请趋势上来看，内蒙古极少研究封存技术，在转化和利用方面的创新能力与新疆类似，成果较少。对于捕集技术的研发集中在近两年内，仍处于持续待发展的状态。

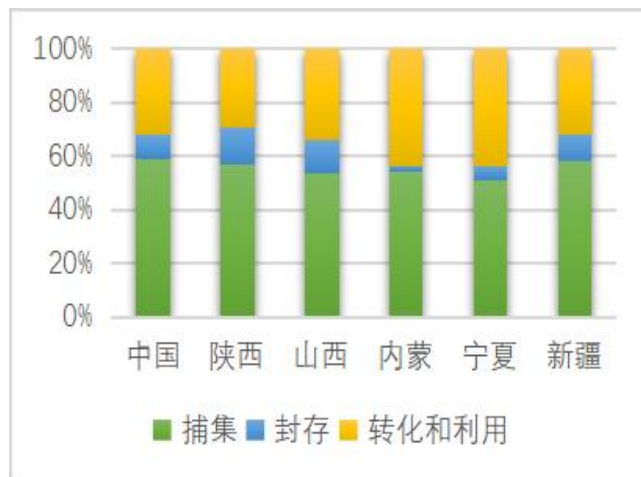


图 3-41 CCUS 各技术分支在现代煤化工集聚地区的专利申请量占比

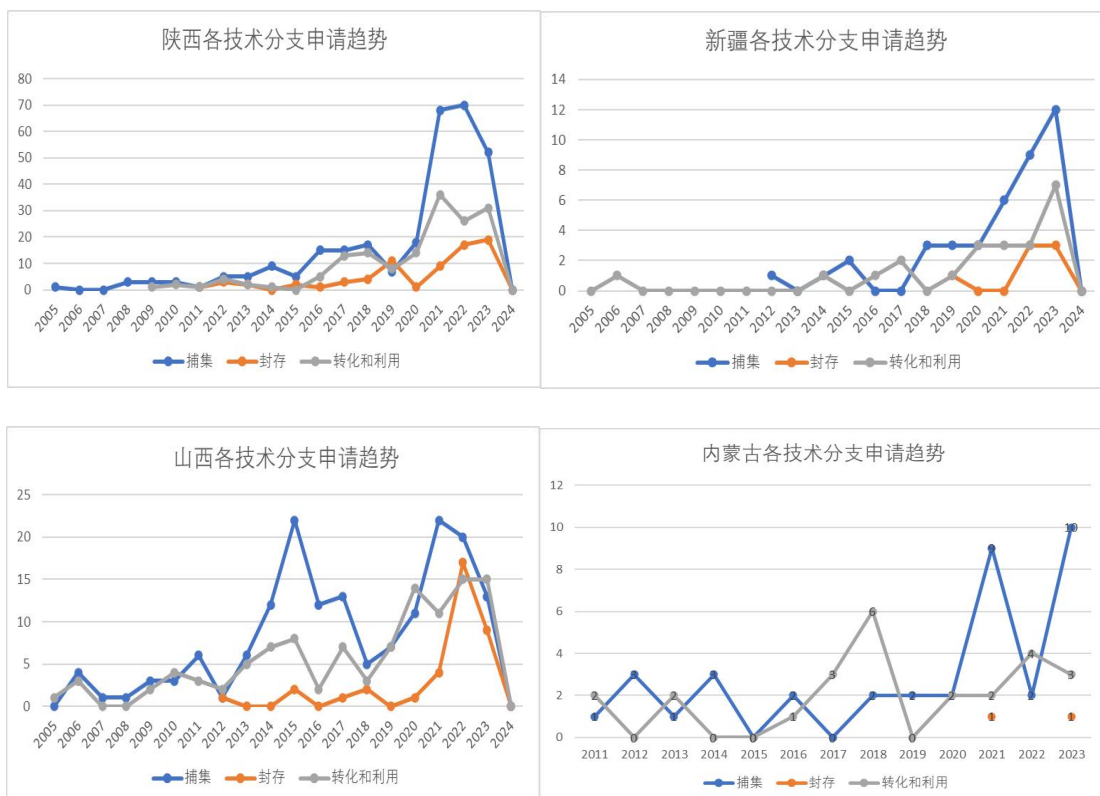


图 3-42 CCUS 各技术分支在现代煤化工集聚地区的专利申请趋势

从专利有效性的角度来看，内蒙古自治区由于各技术分支的专利申请日较为靠后，各分支有效性占比接近，整体比例要高于专利申请量接近的新疆地区。从专利维持有效的年限来看，内蒙古自治区由于技术起步较晚，没有维持超过 10 年的专利。在捕集技术上，陕西具有维持超过 10 年的专利技术 8 件，山西具有 6 件。在封存技术上，山西和陕西均只有 1 件维持超过 10 年的专利技术。在转化和利用技术上，陕西具有 3 件维持超过 10 年的专利技术，而山西具有 8 件。可见，山西对于 CO₂ 的转化和利用方面技术创新成果的重视程度更高。

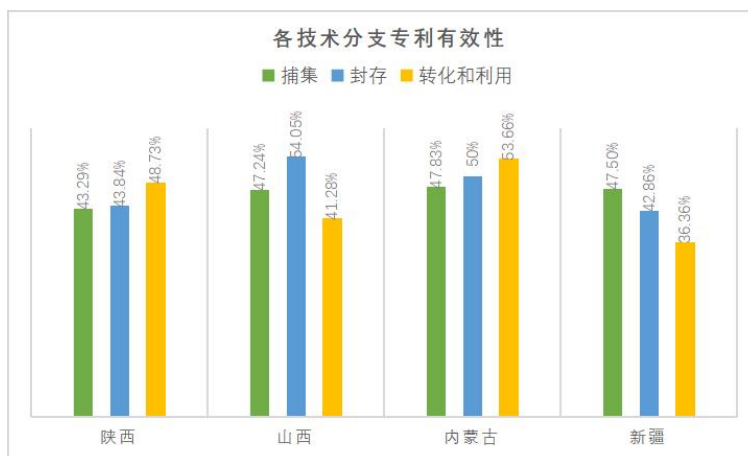


图 3-43 CCUS 各技术分支在现代煤化工集聚地区的专利有效性占比

3.8 水处理产业定位

3.8.1 产业发展定位

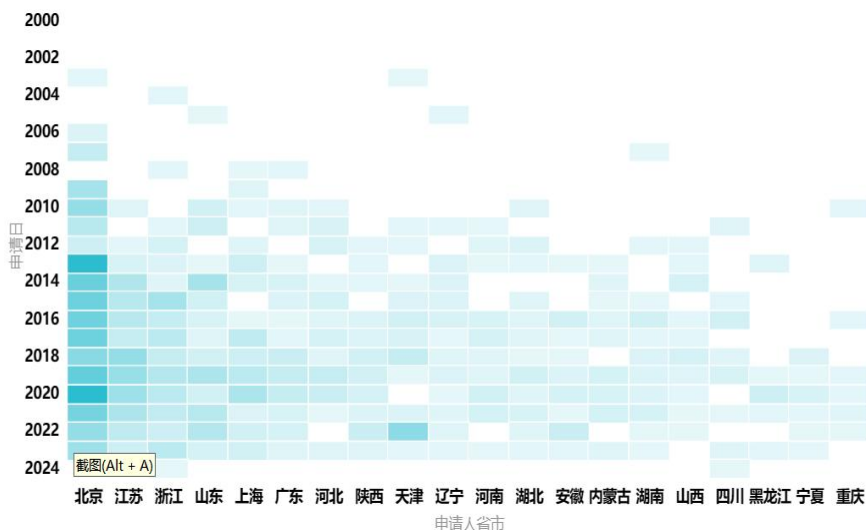
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
陕西	3	12	10	11	15	9	10	16	6	0
山西	0	8	2	12	10	13	3	6	2	0
内蒙古	1	3	3	0	7	7	6	0	4	0
新疆	0	1	1	0	4	1	0	1	4	0
宁夏	0	0	1	4	2	5	2	1	2	0

图 3-44 CCUS 各技术分支在现代煤化工集聚地区的专利有效性占比

在水处理五个产业集聚区上，陕西在专利申请量与专利申请态势领先于其他区域，内蒙古自治区在技术创新上不具有持续性，在当前环保压力逐渐增大的情况下，有必要持续加强相关技术研究。

3.8.2 企业创新实力定位

企业煤化工废水处理相关专利的申请量最多的北京从 21 世纪初开始稳定提升，在 2013 年达到一个小高峰，随后在 2020 年的年申请数量最多，近几年的申请量有所下降。如图 3-45 所示，北京、江苏和浙江仍然位列前三名，内蒙古的核心专利 5 件，占比为 19.23%，可见，在五个现代煤化工聚集地区中，内蒙古的核心专利数量较多，可应用价值较高。



中国省市	专利申请总量	核心专利	占比	中国省市	专利申请总量	核心专利	占比
北京	344	76	22.09%	山西	23	2	8.70%
江苏	137	25	18.25%	四川	17	5	29.41%
浙江	106	27	25.47%	黑龙江	13	2	15.38%
山东	88	19	21.59%	宁夏	11	1	9.09%
上海	76	13	17.11%	重庆	11	2	18.18%
广东	53	15	28.30%	新疆	10	4	40.00%
河北	43	10	23.26%	甘肃	9	1	11.11%
陕西	41	5	12.20%	江西	8	1	12.50%
天津	34	6	17.65%	福建	6	0	0.00%
辽宁	31	10	32.26%	广西	5	1	20.00%
河南	29	3	10.34%	云南	5	0	0.00%
湖北	29	4	13.79%	吉林	4	1	25.00%
安徽	28	2	7.14%	贵州	3	0	0.00%
内蒙古	26	5	19.23%	海南	3	0	0.00%
湖南	26	7	26.92%	青海	2	1	50.00%

图 3-45 水处理企业专利申请趋势与核心专利占比

3.8.3 创新人才储备定位

图 3-46 展示了各省市创新人才的拥有量，北京、江苏和浙江位列前三名，发达地区整体的创新活跃度较高。内蒙古在 5 个产业集聚区中排名第三。五个地区均不存在具有绝对优势的发明人，内蒙古自治区在现代煤化工污水处理领域拥有的创新人次比较少，整体创新活跃度较低。

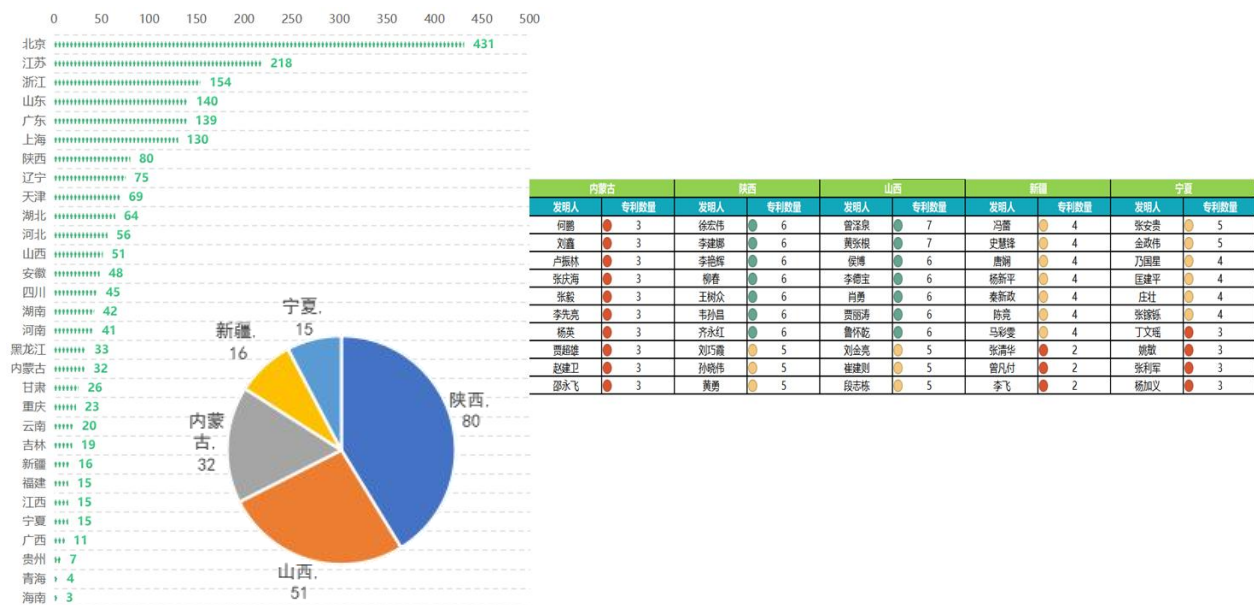


图 3-46 水处理创新人次和重点发明人创新成果拥有量

3.8.4 技术创新实力定位

根据分析可以发现，山西采用氧化法处理煤化工废水的专利申请较多，而陕西采用多级中的热法处理煤化工废水的专利申请多，这与山西和陕西煤化工废水

种类不同有关，氧化法更多的是针对废水中的有机污染物，而热法能够蒸发分盐处理高浓度的含盐废水。吸附法是唯一一个五大产煤大省都有所使用的方法。内蒙古自治区的技术主题主要分布在多级中的热法、多级中的生物处理和吸附法。

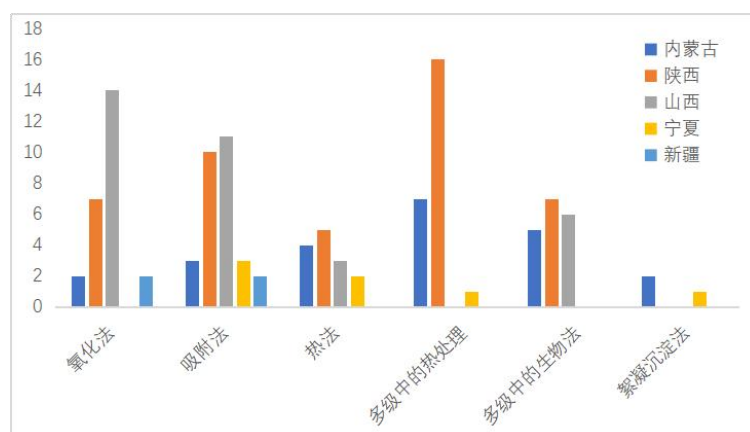


图 3-47 水处理各技术分支在现代煤化工集聚地区的专利申请量占比

关于五大产煤大省的煤化工废水处理相关专利的维持时间，内蒙古、宁夏和新疆均没有专利维持时间 10 年以上的专利。陕西的专利申请维持时间主要集中在 1—2 年和 7~8 年。山西的授权专利维持时间大多集中在 4—5 年，且两边时间呈正态分布趋势，可见，山西的申请呈阶段性，且近几年申请量呈下降的趋势。

第四章 区域产业发展路径导航

4.1 区域产业结构优化路径

区域产业发展路径导航模块以远景模式指出区域产业创新发展具体路径，包括：产业布局结构优化路径、企业整合及引进培育路径、人才培育及引进合作路径、创新提升路径等。通过对相关产业链合理布局，可以实现核心技术的进一步突破，从而提升产品的业内竞争力，本节从涉及强化产业链、弥补产业链劣势以及填补产业链空白等方面进行归纳总结，从而为相关产业的核心技术突破打下基础。

内蒙古自治区现代煤化工产业链分布图概况

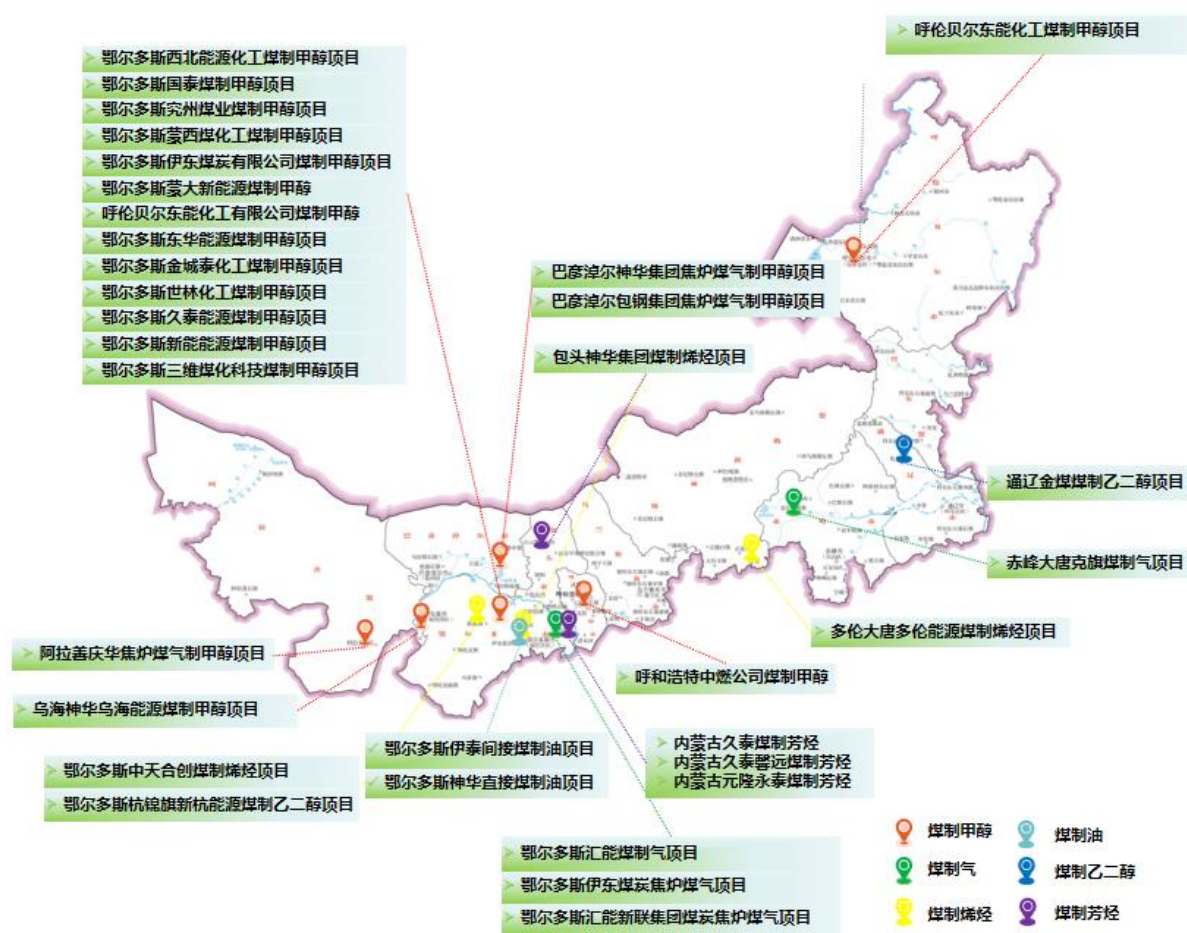


图 4-1 内蒙古自治区现代煤化工产业链分布概况

内蒙古自治区现代煤化工产业基础设施完善，产业链整体保持较快增长。基于前述分析可知，内蒙古自治区在煤直接液化、煤间接液化、煤制乙烯、煤制丙烯的环节具有领先地位，拥有一定的生产规模和技术储备，如煤直接液化和煤间

接液化已经具有成套工艺技术。另外，目前内蒙古自治区煤制乙二醇的生产规模非常大，但专利拥有量较低，因此其创新潜力较大。综上，建议内蒙古自治区在煤制油、煤制烯烃和煤制乙二醇的中游产业环节继续保持区域产业优势，抢占产业技术高地和话语权，保证现代煤化工产业油、乙二醇、乙烯与丙烯的稳定供应。

针对内蒙古自治区现代煤化工产业烯烃和乙二醇生产过程中，以及二氧化碳转化和水处理过程中自主研发水平不高的问题，建议内蒙古自治区鼓励相关企业加大研发力度，将煤制烯烃重点研发向催化剂上倾斜，将煤制乙二醇重点研发向合成气氧化偶联法中的草酸酯合成工艺条件、催化剂、原料气的预处理以及产物纯化等现有工艺上倾斜，将 CO₂ 转化向加氢制甲醇的相关催化剂的技术上倾斜，将现代煤化工废水处理向污水处理多种工艺的组合、药剂的制备、装置的升级、工艺参数的优化等方向倾斜，不断提升内蒙古自治区在上述生产技术中的自主创新能力，加强专利布局，同时可以考虑与国内外行业巨头开展技术合作，补齐技术短板，突破“卡脖子”技术壁垒，充分解决上述产品自主研发水平较低的问题。

在煤制烯烃领域针对部分企业出现的合成气直接制烯烃的技术不足的问题，建议内蒙古自治区以建议内蒙古自治区以内蒙古科技大学的合成气直接制烯烃催化剂技术为基础，考虑参考中石化以及中科院的合成气直接制烯烃工艺，弥补合成气直接制烯烃生产领域的技术空白，形成多种工艺路线制烯烃的发展格局，保证烯烃供应的稳定；在水处理领域针对部分企业出现的污水处理配套设施不完善、技术落后等问题，建议内蒙古自治区以中煤鄂尔多斯能源化工有限公司以及其他污水处理公司为生产主体，考虑引进高级氧化、生物法以及膜法等联用工艺，形成多种工艺路线处理煤化工废水处理的发展格局，保证煤化工企业出水水质的稳定；在 CCUS 领域，针对封存技术上的短板，建议内蒙古自治区可以内蒙古科技大学目前的封存技术为基础，考虑引进国外的地质封存的相关技术，或者应用中国矿业大学目前拥有的封存的专利技术，补齐 CCUS 产业链。

针对内蒙古自治区现代煤化工产业高端化学品竞争力不强的问题，建议内蒙古自治区围绕新一代电子信息、高端装备制造、现代轻工纺织等先进制造业和战略性新兴产业的应用，结合高端聚烯烃产品特点，延伸煤制烯烃中下游产业链条，如 α -烯烃、EVA 等高端聚烯烃产品，促进化工产品精深加工，推动内蒙古自治区

现代煤化工产业高质量发展。

4.2 煤制油产业发展路径导航

4.2.1 创新主体培育与引进路径

综合考虑内蒙古自治区内煤制油技术领域授权维持有效的专利量，企业资质，涉及的技术领域等多方面因素，建议对以下内蒙古自治区内部创新主体进行培育。内蒙古易高煤化科技有限公司：成立于2005年，截至目前共有36件专利，34件已授权。专利涉及乙二醇制备过程以及碳酸二甲酯制备过程中所使用的各种煤化工设备。神华鄂尔多斯煤制油项目也可以考虑与该公司合作，引入水煤浆添加剂，也可以引入一些冷却或分离设备。内蒙古伊泰煤基新材料研究院有限公司：侧重于费托合成反应器和装置的研发，内蒙古安融新材料有限公司、内蒙古垣吉化工有限公司（高新技术企业）涉及产物费托蜡的加工、精制等设备的研发；可通过整合三家企业，实现煤间接液化制备费托蜡的完整产业链。

表 4-1 煤制油创新主体培育

技术领域	名称	区域	企业类型	创新方向
煤直接液化	内蒙古易高煤化科技有限公司	鄂尔多斯	高新技术企业	水煤浆添加剂
煤间接液化	内蒙古安融新材料有限公司	巴彦淖尔	小微企业	费托蜡的加工及生产，可以作为间接液化产品下游，完善产业链
	内蒙古垣吉化工有限公司	鄂尔多斯	高新技术企业	费托蜡的精制生产，可以作为间接液化产品下游，完善产业链
	内蒙古伊泰煤基新材料研究院有限公司	鄂尔多斯	创新型中小企业	费托合成反应器和装置

如前所述，内蒙古自治区目前优势技术集中在间接液化，为了进一步增强直接液化的竞争实力，可考虑对内蒙古自治区外部的创新主体进行引进或合作。下表给出部分创新主体及其研究方向。

表 4-2 煤制油创新主体引进

技术领域	名称	地区	有效专利拥有量	创新方向
煤直接液化	新奥科技发展有限公司	河北	90	水焦浆制备工艺
	陕西延长石油（集团）有限责任公司	陕西	38	煤直接液化催化剂、设备、煤油共混

	北京三聚环保新材料股份有限公司	北京	35	煤与生物质一锅法液化、产物油精制
	洛阳瑞华新能源技术发展有限公司	河南	38	煤直接液化工艺、反应器
	北京中科诚毅科技发展有限公司	北京	22	浆态床反应器、工艺
	中国有色（沈阳）泵业有限公司	沈阳	120	煤直接液化设备的高压、低压煤浆泵
	广东江威传感科技有限公司	广东	11	煤浆加热装置
煤间接液化	武汉凯迪工程技术研究总院	湖北	38	高效费托合成催化剂
	上海兖矿能源科技有限公司	上海	51	高效费托合成催化剂

➤ 新奥科技发展有限公司（新奥能源研究院）

成立于 2006 年，隶属新奥集团，专注于清洁能源技术创新。已在煤基低碳能源等技术领域取得重大突破，达到国际领先水平。新奥科技主要致力于煤气化装备的研发，同时也涉及一部分水焦浆制备方法。

➤ 陕西延长石油（集团）有限责任公司

集石油、天然气、煤炭等多种资源高效开发、综合利用、深度转化为一体的大型能源化工企业，目前已形成煤制油 110 万吨/年。其中李大鹏团队致力于煤直接液化催化剂的开发，可以进行煤制油技术的合作研发。

➤ 北京三聚环保新材料股份有限公司

成立于 1997 年，国家级高新技术企业。专利技术 CN108179019B 具体提供了一种煤与生物质的多级液化工艺，得到了固含量高且能够用泵平稳输送的生物质水煤浆，生物质与煤的转化率可达 97~99%，生物油的收率可达 70%~80%，且残渣量不足 3%。可以考虑引进该技术，填补内蒙古没有生物质与煤共混制油领域的空白。

➤ 洛阳瑞华新能源技术发展有限公司、北京中科诚毅科技发展有限公司

两家公司均有部分专利涉及煤直接液化反应设备，如 CN109722266B（用强制循环热壁反应器与鼓泡床冷壁反应器的煤液化系统）、CN104877707B（一种多重优化的浆态床加氢系列方法及其设计方法与用途）；可以考虑引进上两家的

反应器设备，以提高煤直接液化效率。

➤ 广东江威传感科技有限公司

成立于 2016 年，2022 年被评为高新技术企业，涉及煤浆加热装备（CN217578781U）。

➤ 中国有色（沈阳）泵业有限公司

成立于 2009 年，是中国有色矿业集团下属中国有色金属建设股份有限公司的全资子公司，是国内首台套隔膜泵设计制造者，也是中国唯一大型隔膜泵专业研发制造企业。中色泵业研发了具有自主知识产权的“双缸双作用、三缸单作用、四缸单作用”三大系列隔膜泵，拥有 14 项核心技术并获得 180 项专利，是固液两相介质长距离管道输送和压力喷射喂料的关键设备，广泛应用于氧化铝、煤化工、水煤浆、矿山尾矿、污泥等浆体长距离管道输送及强腐蚀、高粘度的固液两相介质输送领域。

➤ 武汉凯迪工程技术研究总院有限公司、上海兖矿能源科技研发有限公司两家公司都有成熟的费托合成催化剂专利，可以考虑引进合作。

4.2.2 人才培育与引进路径

➤ 本地人才培养

内蒙古大学郝海刚副教授：主持鄂尔多斯市科技重大专项，高效复配型水煤浆分散剂中试放大生产及工业应用示范研究，复配型水煤浆添加剂批量生产工艺研究，高效水煤浆分散剂开发及中试生产示范研究，水煤浆分散剂对内蒙古低阶煤成浆性能调控机制研究。

鄂尔多斯应用技术学院朱晓梅副教授：申请专利 CN116200210A（一种煤直接催化液化生产系统）。

内蒙古大学苏海泉教授：研究领域为小分子催化转化。

内蒙古工业大学刘全生教授：主要从事催化剂工程、化学反应工程、粉体材料合成等研究工作。

表 4-3 煤制油本地人才培养

技术领域	核心成员	单位	有效专利量	人员资质
含氨废水制高性能水煤浆	郝海刚	内蒙古大学	1	副教授
煤直接液化生产系统	朱晓梅	鄂尔多斯应用技术学院	1	副教授
费托合成催化剂制备	苏海全；张晓红；曾尚红	内蒙古大学	0(未缴年费失效)	教授
加氢催化剂	刘全生	内蒙古工业大学	3	教授

➤ 外部的人才引进

可考虑引进煤直接液化技术涉及工艺及催化剂方面改进的专利以及煤间接液化技术中关于催化剂和反应装置的专利，与内蒙古现有技术形成互补，为开发新的创新成果开拓新思路。

太原理工大学冯杰课题组：主要从事生物质转化、煤转化基础理论及其气化反应器设计/工艺的改进方面的研究。主要内容包括 1) 生物质/煤气化技术；2) 液体产物分离基础及催化转化工艺设计；3) 费托合成产物调控及工艺开发；4) 反应器设计与放大模拟。

中国矿业大学孟献梁教授：主要从事以下方向研究：①煤炭自燃防治理论及防自燃灭火材料制备；②煤与生物质共转化技术及催化材料制备；③水煤浆及水煤浆添加剂制备技术；④新型配煤炼焦技术研究；⑤固废治理及高效吸附剂制备等方向。

新疆大学马凤云教授：煤炭清洁转化与化工过程自治区&新疆高校重点实验室主任，研究方向为煤液化、煤热解与合成气催化转化。

北京化工大学陈建峰教授：博士生导师，教育部“长江学者奖励计划”特聘教授（2002），国家杰出青年基金获得者（2003），国家自然科学基金委创新群体学术带头人，国家科技部创新团队学术带头人。

中国科学院上海高等研究院孙予罕：主要研究领域涉及多相催化。获中科院

杰出成就团队奖 1 项、山西省自然科学二等奖 1 项、山西省科技进步二等奖 2 项等， 并获全国先进工作者称号。

中国科学院大连化学物理研究所包信和：主要从事能源高效转化相关的表面科学和催化化学基础研究，以及新型催化剂研制和开发工作。

以上三个团队在费托合成领域均取得了不错的进展，可根据技术需求引进。

表 4-4 煤制油创新人才引进

技术领域	核心成员	单位	有效专利量	人员资质
煤直接液化催化剂、液化工艺	冯杰	太原理工大学	14	教授
煤直接液化原料预处理	孟献梁	中国矿业大学	5	教授
煤直接液化催化剂、工艺	马凤云	新疆大学	8	教授
费托催化剂、反应器	陈建峰、张焱	北京化工大学	17	院士、教授
浆态床反应器	孙予罕	中国科学院上海 高等研究院	25	研究员
费托催化剂	包信和	中国科学院大连 化学物理研究所	3	教授

4.2.3 创新能力提升路径

煤炭科学技术研究院有限公司煤化工分院。该分院主要业务涵盖煤化学和煤化工的基础研究，现代煤质技术研究与煤炭资源评价，煤炭气化、液化和焦化技术开发，煤基精细化学品开发，煤基炭材料与干法烟气净化技术开发，煤化工废水处理、煤层气浓缩利用技术开发与工程服务，煤及煤制品检测与评价（CMA 资质），煤质高端仪器开发与推广应用以及能源环境与碳排放研究等。特别是煤气化团队一直致力于固定床气化技术的开发，先后开发出无焦油气化技术、10MPa 分段出气气化技术、熔渣气化技术。随着国家对清洁能源、环境保护等要求变化，煤气化团队利用自身专业优势，正在进行煤、生物质、有机固废等多元介质的固定床气化技术开发，助力实现“双碳”目标，其相关技术可用于增强创新能力提升。

表 4-5 煤制油创新能力提升路径

技术领域	授权号	申请人	主要内容
催化剂	CN102895973B	煤炭科学技术研究院有限公司	一种复合型煤直接液化催化剂及其制备方法
	CN101927167B	煤炭科学技术研究院有限公司	一种复合型煤焦油加氢催化剂及其制备方法
	CN103638987B	煤炭科学技术研究院有限公司	煤液化油加氢催化剂载体、催化剂及其制备方法与应用
反应工艺或反应设备改进	CN103074097B	煤炭科学技术研究院有限公司	一种煤直接液化方法及系统
	CN102002382B	煤炭科学研究总院	用于煤直接液化的微型高压反应釜实验装置及其实验方法
	CN101987962B	煤炭科学技术研究院有限公司	一种高含氧煤的直接加氢液化方法

4.2.4 关注失效专利，防止重复研发

为避免重复研发，浪费资源，下表列出了部分重点申请人在 3-5 年内失效的煤制油相关专利，可以看出煤直接液化的失效专利更集中于反应器；煤间接液化的失效专利主要在催化剂方面。

表 4-6 煤制油相关失效专利（部分）

技术分支	授权号/公开号	申请人	主要内容
煤直接液化	CN1171667C	中国石油天然气股份有限公司；清华大学	用于各类气-液两相和气-液-固三相化学反应多级环流反应器
	CN1243813C	煤炭科学研究总院北京煤化学研究所	将逆流反应器、环流反应器和煤液化油（含循环溶剂）在线加氢反应器串联的煤直接液化工艺
	CN1274415C	煤炭科学研究总院北京煤化工研究分院	一种高分散铁基煤直接液化催化剂的制备方法
	CN100420731C	华东理工大学	一种煤加氢反应装置及其工业应用
	CN202054796U	神华集团	煤直接液化高温油渣安全排放装置和系统

	CN202277827U	中石化	适用于使用高分散催化剂的重油沸腾床加氢裂化过程的高压釜反应器
煤间接液化	CN109843427A	IFP 新能源公司	使用烃化合物产生的含有包含含钴和/或镍的混合氧化物相的载体的钴催化剂
	CN100363463C	埃克森美孚化学专利公司	带有中央催化剂回路的多级提升管反应器
	CN103260751B	国际壳牌研究有限公司	用于再生含钴的费-托催化剂的方法
	CN100371421C	法国石油公司； 恩尼有限公司	将费托法的原料加氢异构化和加氢裂化来制备中间馏出物的方法
	CN110523350A	国家能源投资集团有限责任公司； 北京低碳清洁能源研究所； 中国神华煤制油化工有限公司上海研究院	浆态床反应器和费托合成的方法
	CN1199730C	中国科学院山西煤炭化学研究所	费托合成铁/锰催化剂及其制备方法
	CN211800721U	中国石油大学（华东）	一种浆态床反应器内环流换热组件

4.3 煤制烯烃产业发展路径导航

4.3.1 创新主体培育与引进路径

内蒙古自治区内的创新主体主要集中在煤制乙烯和煤制丙烯的相关生产装置和生产控制相关的研究，其中代表性的创新主体有中天合创能源有限责任公司，大唐内蒙古多伦煤化工有限责任公司等。内蒙古伊泰煤基新材料研究院有限公司以煤基费托合成馏分油作为原料，通过一系列高效分离提纯处理，生产出无色、油状的 α -烯烃。

表 4-7 煤制烯烃创新主体培育

研究方向	名称	理由
煤制乙烯	大唐内蒙古多伦煤化工有限责任公司	久泰专利涉及甲醇制烯烃装置的原料预处理系统，大唐内蒙古多伦煤化工有限责任公司则涉及甲醇制丙烯反应工艺热量的利用。二者分别属于煤制烯烃的上下游技术，可加强相关合作或持续进行培育
	久泰能源（准格尔）有限公司	

煤制丙烯	中天合创能源有限责任公司	该创新主体主要集中于煤制烯烃的自动化控制领域，同时契合了当前化工设备大型化和智能化趋势而言，可加强培育
煤制烯烃	内蒙古伊泰煤基新材料研究院有限公司	以煤基费托合成馏分油作为原料，通过一系列高效分离提纯处理，生产出无色、油状的 α -烯烃，可加强培育

从全球市场来看，煤制烯烃产业链的高附加值产品更多聚焦于下游的高端聚烯烃，如第二章研究结果可以看出，目前龙头企业的热点研发方向也是高端聚烯烃。延长煤制烯烃产业链，将煤基产业链向高价值化学品方向发展也是内蒙古自治区现代煤化工政策中重点强调内容。因此，内蒙古自治区的创新主体的引进和合作也应当更多聚焦于此，由此提升内蒙古自治区内整个煤制烯烃产业链的竞争力。

埃克森美孚在乙烯丙烯酸酯、EVA 等高端聚烯烃产品领域均处于全球领先地位，埃克森美孚在 EVA 领域涉及 EVA 的重点创新主体还包括陶氏杜邦和三井公司。内蒙古自治区企业相关企业对于 EVA 的研发也具有很高的重视程度。建议可以考虑与相关创新主体进行合作，或进行技术引进。

表 4-8 煤制烯烃创新主体引进

研究方向	名称	来源省市	方式
乙烯丙烯酸酯	埃克森美孚	美国	技术引进/合作
eva	陶氏杜邦	美国	技术引进/合作
	三井公司	日本	
	埃克森美孚	美国	

4.3.2 人才培育与引进路径

➤ 本地人才培育

张庆海：久泰能源（准格尔）有限公司总经理、久泰能源（准格尔）有限公司年产 60 万吨烯烃项目投料总指挥，其负责的年产 60 万吨烯烃项目，是久泰年产 100 万吨煤制甲醇项目的下游延链项目。所涉及的技术包括甲醇制烯烃装置的原料预处理系统，MTO 装置能够去除重油烃的氧化物汽提单元，MTO 开工加热炉综合利用系统以及可回收处理开车不合格乙烯的 MTO 装置等煤制乙烯工艺生产中的装置研发。

闻伟华：中天合创化工分公司安全环保部（地企协调部）部长，其研究领域包括 MTO 生产工艺的安全装置控制。

周晨亮：内蒙古科技大学化学与化工学院教授，专利技术涉及其合成气一步法制低碳烯烃催化剂。

表 4-9 煤制烯烃本地人才培养

技术领域	核心成员	单位	有效专利拥有量	人员种类
煤制乙烯，丙烯	张庆海	久泰集团	6	/
	闻伟华	中天合创	1	/
合成气制烯烃	周晨亮	内蒙古科技大学	0	教授

➤ 外部人才引进

刘梦溪，教授，博士生导师，加拿大温哥华英属哥伦比亚大学访问学者，中国颗粒学会青年理事，北京能源与环境学会京津冀专家委员会委员，中国石油大学（北京）化工学院化学工程系主任，化工原理团队负责人。主要研究方向为流态化、多相流反应器的流动、传递与工程放大。

表 4-10 煤制烯烃外地人才培养

研究方向	核心成员	单位	人员种类
煤制乙烯、丙烯	刘梦溪	中国石油大学	教授

4.3.3 创新能力提升路径

➤ 先进产业环节技术突破路径

内蒙古伊泰集团联合中海油天津化工研究设计院有限公司、中国昆仑工程有限公司自主开发和设计，以煤基费托合成油为原料，经高效分离，得到高纯度的单碳 α -烯烃产品，工艺技术路线国际首创。内蒙古伊泰煤基新材料研究院针对费托合成 α -烯烃的技术申请了相关专利，同时，伊泰集团也将此技术进行产业化，于 2023 年 7 月 23 日，内蒙古伊泰集团千吨级费托合成 α -烯烃分离提纯示范装置在鄂尔多斯伊泰化工有限公司开车成功。

建议内蒙古自治区在现有制备 α -烯烃生产技术基础之上，可以考虑发展下游

产业，例如使用 α -烯烃来制备高端塑料、聚乙烯弹性体（POE）、EVA 等下游新材料。陶氏杜邦、北欧化工、中石化、埃克森美孚和三井公司等目前在 α -烯烃制备聚烯烃或 EVA 方面技术积累丰富，技术更新速度快，技术效果良好的单位，以期为内蒙古自治区发展 α -烯烃下游产业链提供相关指引。

4-11 煤制烯烃技术创新能力提升

技术分支	名称	有效专利
制备聚乙烯	陶氏杜邦	71
	中石化	91
	北欧化工	49
	埃克森美孚	12
EVA	陶氏杜邦	93
	三井公司	41
	埃克森美孚	60

➤ 薄弱产业环节技术加强路径

内蒙古自治区对 MTO、MTP 技术中的所涉及的装置或系统申请的专利较多，而针对催化剂的研究比较少，我国煤制烯烃领域的技术比较纯熟，起到关键作用的是所用的催化剂，国内知名高校清华大学、北京化工大学、大连理工、大连化物所等，一直针对 ZSM-5、SAPO-34 催化剂的开发进行各种探索，以期获得烯烃选择性较高的催化剂。目前，内蒙古自治区已经与清华大学、大连化物所等高校达成了合作，可以充分利用其在催化剂领域的研发成果来弥补自身短板。

表 4-12 国内煤制烯烃领域催化剂的申请专利

公开（公告）号	标题	申请人
CN115594196A	一种改性 SAPO-34 分子筛及其制备方法和应用	陕西煤业化工技术研究院
CN114433221A	一种改性的金属氧化物—分子筛复合物及其制法和应用	中石化
CN113979443A	一种纳米 SAPO-34 分子筛的制备方法	郑州大学
CN114425436A	分子筛流化床催化剂的制备方法及制备的催化剂和应用	中石化

CN114890435A	一种利用 MTO 废催化剂制备的中空结构 SAPO-34 分子筛及其制备方法与应用	中国石油大学（华东）
CN112675904A	含碳催化剂及其在合成气一步法生产低碳烯烃中的应用	中石化
CN113955767A	一种异质晶种辅助合成纳米 SAPO-34 分子筛的方法	郑州大学
CN111346672A	一种掺杂杂原子分子筛催化合成气高选择性制低碳烯烃的方法	中国科学院大连化学物理研究所
CN112206811A	一种甲醇转化制丙烯催化剂及其制备方法和应用	中国石油天然气股份有限公司
CN111250150A	改性 ZSM-5 分子筛催化剂制备方法及其应用、煤基乙醇制乙烯方法	中国科学院大连化学物理研究所
CN107774298A	多孔金属/分子筛复合催化剂、其制备方法及在合成气制备低碳烯烃中的用途	中石化
CN112705257A	一种用于合成气制低碳烯烃的催化剂及其成型方法和应用	中石化
CN110072813A	使用双功能氧化铬/氧化锌-SAPO-34 催化剂将合成气转化为烯烃的方法	陶氏环球技术有限责任公司
CN112661168A	薄片状 ZSM-5 分子筛及其制备方法及应用	国家能源投资集团有限责任公司；北京低碳清洁能源研究院
CN111111761A	制低碳烯烃的催化剂及其应用	中石化
CN112824322A	小粒径 SAPO-34 分子筛以及制备方法与应用	国家能源投资集团有限责任公司；北京低碳清洁能源研究院
CN109701615A	多功能催化剂体系及其应用	中石化
CN111167509A	碳四烯烃裂解催化剂及其制备方法和催化裂解的方法	中国石油化工股份有限公司；中国石油化工股份有限公司北京化工研究院
CN110496640A	一种对二甲苯合成用催化剂及其制备方法和应用	中国科学院大连化学物理研究所
CN112624150A	SAPO-34 分子筛的合成方法、合成的分子筛及其用途	中国石油化工股份有限公司；中国石油化工股份有限公司上海石油化工研究院

CN111111765A	制备低碳烃的催化剂及其用途方法	中国石油化工股份有限公司；中国石油化工股份有限公司上海石油化工研究院
--------------	-----------------	------------------------------------

4.3.4 关注失效专利，防止重复研发

表 4-13 煤制油相关失效专利（部分）

技术分支	授权号	申请人	标题（中文）
煤制 乙烯	CN105985214A	上海碧科清洁能源技术有限公司	一种回收乙烯的方法以及一种分离混合烃类的方法
	CN104289239A	中山大学	磷钨酸盐在作为甲醇制乙烯反应催化剂中的应用及其制备方法
	CN105523880A	大唐国际化工技术研究院有限公司	一种由醋酸酯制乙烯的方法
	CN103694075A	济南开发区星火科学技术研究院	以甲醇为原料制备低碳烯烃的方法
	CN101367697A	上海惠生化工工程有限公司	一种 MTO/MTP 反应产物中轻烃产品的分离方法
	CN102078822A	陕西师范大学	用于甲醇制低碳烯烃的催化剂的制备方法
	CN101433858A	复旦大学	一种用于甲醇/二甲醚制丙烯的 HZSM-5 分子筛催化剂、制备方法和应用
	CN102133522A	福州大学	一种金属改性膨润土的制备方法及其在 MTO 中的应用
	CN101328107A	清华大学	氯乙烯合成流化床中的气体分布器与氯乙烯合成方法
	CN101214974A	南开大学；天津凯美思特科技发展有限公司	一种制备小晶粒 SAPO-34 分子筛的方法
	CN101018606A	埃克森美孚化学专利公司	分子筛催化剂组合物，其制备和在转化方法中的用途
	CN101058072A	天津兴新催化反应技术与开发有限责任公司	CO 和 H ₂ 直接合成乙烯催化剂及其工艺
	CN1537674A	北京化工大学	用于合成气制乙烯、丙烯、丁烯反应的铁/活性炭催化剂
	CN1339336A	中国科学院大连化学物理研究所	一种低温下二氧化碳氧化乙烷脱氢制乙烯的催化剂
	CN1346841A	中国科学院化学研究所	一种聚烯烃共混复合材料及其制备方法
CN1359753A	环球油品公司	金属磷铝酸盐分子筛以及使用它将甲醇转化为烯烃的方法	
CN1280117A	中国科学院力学研究所	用甲烷转化法高效生产乙烯的方法及装置	
煤制	CN109456431A	青海省矿业集团股份有限公	一种聚烯烃清洁闭环生产方法和

丙烯	司	系统
CN208949157U	贺雪军	一种烯烃分离节能设备
CN106140268A	中国石油大学（华东）	甲醇转化制丙烯全硅分子筛催化剂及其制备方法
CN105289712A	西北大学；陕西省能源化工研究院	用于甲醇耦合碳四烃转化制丙烯的催化剂及其应用
CN104736501A	赢创工业集团股份有限公司	由甲醇制备直链丁烯的方法
CN103221372A	巴斯夫欧洲公司	由甲醇和乙酸制备丙烯酸的方法
CN104086346A	浙江大学	一种含氧化合物制丙烯工艺的能量回收方法
CN103586068A	山西大同大学	一种高效甲醇转化制丙烯催化剂的合成方法
CN103480411A	复旦大学	一种含介孔 ZSM-5 分子筛催化剂及其制备方法与应用
CN103894222A	新煤化工设计院（上海）有限公司	用于甲醇脱水制丙烯的改性沸石催化剂及其制备方法
CN103694075A	济南开发区星火科学技术研究院	以甲醇为原料制备低碳烯烃的方法
CN103270005A	陶氏环球技术有限责任公司	包括乙烷副产物转化为丙醇和接着丙醇脱水工艺的合成气向丙烯的三步转化
CN101880212A	王伟跃	一种由含氧化合物制备丙烯的工艺
CN103694076A	浙江大学	一种丙烯生产工艺
CN103708991A	浙江大学	一种利用固定床反应器生产丙烯的工艺
CN102906053A	道达尔研究技术弗吕公司	通过异丁醇在酸性催化剂上同时脱水和骨架异构化之后易位生产丙烯
CN103333040A	浙江大学	一种低能耗的丙烯生产工艺
CN102924214A	浙江大学	一种丙烯的生产工艺
CN102942435A	浙江大学	一种使用移动床技术将甲醇转化为丙烯的反应工艺
CN203999437U	安徽淮化股份有限公司	流化床甲醇制丙烯反应再生系统
CN203904242U	中国寰球工程公司	MTP 工艺中脱除、循环利用 DME 的系统
CN102276407A	浙江大学	一种多级移动床反应器温度控制的方法
CN102344328A	浙江大学	一种使用移动床技术将甲醇转化为丙烯的半连续方法

CN102500411A	上海中科高等研究院；山西潞安环保能源开发股份有限公司	一种用于合成丙烯的催化剂及其制备与应用
CN101462070A	亚申科技研发中心（上海）有限公司	改性 ZSM-5 型分子筛催化剂及其制备方法
CN101602643A	中国海洋石油总公司；中海油新能源投资有限责任公司；中国科学院大连化学物理研究所	一种甲醇/二甲醚转化制取乙烯丙烯联产对二甲苯的方法
CN101607858A	中国海洋石油总公司；中海油新能源投资有限责任公司；中国科学院大连化学物理研究所	一种甲醇/二甲醚制备芳烃联产丙烯的方法
CN101928598A	上海应用技术学院	一种重油催化裂化集成含氧化合物转化生产汽油和丙烯的方法及系统
CN101585747A	浙江大学	一种将含氧化合物转化为丙烯的方法
CN101433858A	复旦大学	一种用于甲醇/二甲醚制丙烯的 HZSM-5 分子筛催化剂、制备方法和应用
CN101972666A	天津市南天新材料研究中心有限公司	用于甲醇/二甲醚制丙烯的分子筛催化剂和制备方法
CN101407441A	上海应用技术学院	由甲醇制备丙烯的方法
CN101711992A	宁夏大学	甲醇或二甲醚选择性制丙烯的催化剂及其制备方法
CN102040448A	复旦大学；上海华谊（集团）公司	一种核壳结构复合分子筛催化甲醇/二甲醚制丙烯的方法
CN101367701A	浙江大学	一种使用移动床技术将含氧化合物转化为丙烯的方法
CN101214974A	南开大学；天津凯美思特科技发展有限公司	一种制备小晶粒 SAPO-34 分子筛的方法
CN101023047A	环球油品公司	使用移动床技术和醚化步骤将醇类含氧物转化为丙烯
CN101265149A	北京化工大学	一种以合成气为原料两段法制备低碳烯烃的方法
CN101018606A	埃克森美孚化学专利公司	分子筛催化剂组合物，其制备和在转化方法中的用途
CN101869819A	王伟跃	一种由含氧化合物制备丙烯的反应器
CN101070260A	复旦大学	一种提高甲醇脱水制烯烃产率的沸石催化和分离方法

	CN100494129C	三菱化学株式会社	制备丙烯的方法
	CN1894177A	三菱化学株式会社	制备丙烯的方法
合成气/甲烷制烯烃	CN104628508B	华南理工大学	一种以煤和天然气为原料经合成气制烯烃的系统及工艺
	CN204509155U	华南理工大学	一种以煤和天然气为原料经合成气制烯烃的系统
	CN104628508A	华南理工大学	一种以煤和天然气为原料经合成气制烯烃的系统及工艺
	CN102659500B	北京化工大学	一种制乙烯、乙烷的方法及催化反应器
	CN102553611B	中国科学院大连化学物理研究所	一种用于合成气转化制取甲烷并联产低碳烯烃反应的催化剂、其制备及应用
	CN102527401B	中国科学院大连化学物理研究所	一种用于合成气转化制取甲烷并联产低碳烯烃的催化剂、其制备及应用
	CN102224221B	埃克森美孚化学专利公司	共同进料的甲烷和低氢含量烃物料到乙炔的转化
	CN102659500A	北京化工大学	一种制乙烯、乙烷的方法及催化反应器
	CN102553611A	中国科学院大连化学物理研究所	一种用于合成气转化制取甲烷并联产低碳烯烃反应的催化剂、其制备及应用
	CN102527401A	中国科学院大连化学物理研究所	一种用于合成气转化制取甲烷并联产低碳烯烃的催化剂、其制备及应用
	CN102224221A	埃克森美孚化学专利公司	共同进料的甲烷和低氢含量烃物料到乙炔的转化
	CN101265149B	北京化工大学	一种以合成气为原料两段法制备低碳烯烃的方法
	CN101265149A	北京化工大学	一种以合成气为原料两段法制备低碳烯烃的方法
	CN1537674A	北京化工大学	用于合成气制乙烯、丙烯、丁烯反应的铁/活性炭催化剂

4.4 煤制乙二醇产业发展路径导航

4.4.1 创新主体培育和引进路径

中国石油化工股份有限公司不论从生产规模还是技术实力上来看,都属于国内领先水平。其具有完整和成熟的技术链和工业生产经验,在煤制乙二醇技术领域专利价值度较高。其涉及的技术主要是合成气氧化偶联法制乙二醇,具体主要

包括，草酸酯合成工艺和催化剂、草酸酯催化氢化工艺及催化剂，还有部分专利涉及原料气的预处理及产物后处理等，涉及了内蒙古自治区目前技术创新的薄弱环节。中国石油化工股份有限公司专利技术基本囊括了合成气氧化偶联法制乙二醇完整的工艺过程。同时，中国石油化工股份有限公司在全国范围内还有技术研究院，能长久保持技术研发活力。如果内蒙古自治区本土企业能得到其支持，一方面能得到技术支持，另一方面能得到其丰富的实践经验，避免走弯路。

从下表可以看出，亿利资源集团内蒙古鄂尔多斯市新杭能源有限公司（亿利资源）其专利申请主要类型是实用新型，技术主题主要涉及煤制乙二醇工艺的辅助装置，没有涉及煤制乙二醇工艺的核心技术和关键手段。

表 4-14 煤制乙二醇创新主体培育

研究方向	名称	来源省市	方式	理由
煤制乙二醇	鄂尔多斯市新杭能源有限公司	鄂尔多斯	培育	煤制乙二醇工艺辅助装置

目前内蒙古自治区煤制乙二醇主流技术为合成气氧化偶联法，为了技术更新和提高生产效率，针对其技术研发重点为合成气氧化偶联法的重要企业和研究机构等进行统计分析，如中国科学院山西煤炭化学研究所、中国科学院福建物质结构研究所、天津大学等目前国内技术积累丰富，技术更新速度快，以期为内蒙古自治区煤制乙二醇相关企业提供指引。

表 4-15 煤制乙二醇创新主体引进

研究方向	名称	来源省市	有效专利量	方式	理由
合成气氧化偶联工艺催化剂	中国科学院山西煤炭化学研究所	山西	18	技术引进	技术成熟度高，性能良好
	中国科学院福建物质结构研究所	福建	39		
	天津大学	天津	36		

4.4.2 人才培养与引进

➤ 本地人才培养

丁健，内蒙古科技大学，副教授，从事化工技术基础研究工作时间近 11 年，

在 C1 化学如 F-T 合成和 CO₂ 化学转化、合成气经酯加氢制乙醇和乙二醇等化学品的研究工作中取得一些突出成果。另外，大力开展 Cu 基催化剂的研制和应用。主持内蒙古科技大学创新基金、内蒙古自然科学基金和国家自然科学基金各一项，作为骨干成员参与了国家自然科学基金、中石油科技项目、索普集团科技项目、内蒙古自然科学基金等多项研究工作。参与中石油科技项目，PRIKY14006，“合成气经草酸酯制乙二醇催化剂的制备和评价研究”。主要专利技术有草酸酯加氢合成乙二醇催化剂及其制备方法与应用（申请号：201710944320.6）；草酸二甲酯加氢合成乙酸甲酯和乙醇的催化剂及制法和应用（申请号：CN201611006285.5）；草酸二乙酯加氢合成乙氧基乙酸乙酯的催化剂及其制备方法和应用（申请号：201610237182.3）；草酸二甲酯加氢合成乙醇酸甲酯的催化剂及制法和应用（申请号：201410058672.8）。

表 4-16 煤制乙二醇本地人才培养

研究方向	核心成员	单位	人员种类
氧化偶联法	丁健	内蒙古科技大学	副教授

➤ 外部人才引进

姚元根，现任福建物质结构研究所副所长，主要研究方向：重要生物过程中的结构化学问题（金属簇物对氮等小分子的成键和活化机理）；无机-有机杂化分子树型催化剂的研究。

马新宾，任天津大学化工学院院长、天津化学化工协同创新中心副主任、绿色合成与转化教育部重点实验室主任。国家杰出青年基金获得者、万人计划科技领军人才、科技部重点领域创新团队负责人。以一碳化工作为主要科研方向，基于合成气高效利用的目标，开展合成气甲烷化、合成气制低碳烯烃、合成气羰基合成有机含氧化合物新工艺的研究。重点围绕羰基合成烷基碳酸酯和草酸酯以及草酸酯下游产品乙二醇、乙醇和碳酸二苯酯等化学品的绿色合成工艺中的重要科学问题，从催化剂设计、系统集成和工程放大等方面系统开展研究工作。国家自然科学基金重大研究计划：合成气制乙二醇催化剂结构调控与反应-扩散耦合机制（2015-2017）。

表 4-17 煤制乙二醇外地人才引进

研究方向	核心成员	单位	人员种类
氧化偶联法	姚元根	中国科学院福建物质结构研究所	研究员
氧化偶联法	马新宾	天津大学	教授

4.4.3 创新能力提升路径

目前内蒙古自治区煤制乙二醇主流技术为合成气氧化偶联法,为了技术更新和提高生产效率,针对其技术研发重点为合成气氧化偶联法的重要技术等进行分析,如中国科学院山西煤炭化学研究所、中国科学院福建物质结构研究所等是目前国内外技术较成熟。中国科学院大连化学物理研究所等开发了乙醇酸甲酯生产乙二醇的工艺和配用催化剂等技术,其技术效果良好。国外技术如高化学株式会社、宇部兴产和壳牌等开发的技术及配用催化剂技术相对成熟,能够为内蒙古自治区技术改造、升级等提供技术支撑。

表 4-18 煤制乙二醇创新能力提升

技术	授权号	申请人	主要内容
合成	CN101735014B	中国科学院大连化学物理研究所	一种多羟基化合物制乙二醇的方法
	CN111039753B	中国科学院山西煤炭化学研究所	一种由合成气生产乙二醇的工艺
	CN111253214B	中国科学院大连化学物理研究所	一种乙醇酸甲酯加氢制备乙二醇的方法
	CN105777494B	高化学株式会社	乙二醇的制备方法
	EP2066607B1	Shell Internationale Research Maatschappij B V	制备亚烷基二醇
	IN298324A1	UBE INDUSTRIES LTD	用于制备草酸二芳基酯的方法
	RU2738931C2	Shell Int Research	乙二醇的制备方法
催化 剂	CN101869838B	中国科学院福建物质结构研究所	一种草酸二酯加氢合成乙二醇纳米催化剂
	CN102247847B	中国科学院福建物质结构研究所	一种草酸酯加氢合成乙二醇

	究所	的铜硅催化剂
CN102941094B	中国科学院山西煤炭化学研究所	一种乙醇酸甲酯加氢合成乙二醇的催化剂及制法和应用
CN106563449B	中国科学院福建物质结构研究所	草酸酯加氢合成乙二醇催化剂及其制备方法和开车方法
CN108236955B	高化学技术株式会社	一种草酸二甲酯加氢合成乙醇用催化剂的制备方法以及由此得到的催化剂和其应用
CN109092310B	高化学技术株式会社	铜基催化剂及其制备方法和使用该催化剂制备醚化级乙二醇的方法
US10562012B2	Shell Oil Company	催化剂的制备方法和使用该催化剂制备二醇的方法
US10752567B2	Shell Oil Company	二元醇生产中催化剂的酸处理调理方法

4.4.4 关注失效专利，防止重复研发

下表为对失效专利进行统计后得出的重要申请人失效专利技术分布情况。

表 4-19 煤制乙二醇失效专利（部分）

技术分支	授权号	申请人	发明名称
合成	CN105344376B	常州大学	一种用于合成乙二醇的固体催化剂及其制备方法
	CN107207390B	Shell Oil Company	制备草酸的方法，制得乙二醇合成前体物质
	AU2016218996B2	Novomer Inc	连续羰基化工艺
	JP6070695B2	Ube Industries	亚硝酸盐的产生，以及草酸二烷基酯和碳酸二烷基酯的生产
	US20170370011B2	Shell Oil Company	草酸的制备方法，制得乙二醇合成前体物质

	DE102019007672B 2	Linde Gmbh	生产单乙二醇的方法和设备
	US10315973B2	Dalian Institute Of Chemical Physics Chinese Academy Of Sciences	乙二醇单甲醚水解制备乙二醇的方法
催化剂	CN108479798B	北京天正久兴科技有 限公司	一种草酸二甲酯加氢制备乙二醇的催化剂及其制备方法
	CN108452810B	河南能源化工集团研 究总院有限公司	一种利用废旧钨催化剂合成草酸二甲酯催化剂的方法
	CN103566949B	复旦大学	由草酸二甲酯加氢制乙二醇及乙二醇单甲醚的铜基催化剂及其制备方法
后处理	CN106187687B	河南能源化工集团研 究院有限公司	一种煤制乙二醇工艺副产残液中二元醇的后处理方法
	CN103265401B	河南朝歌日光新能源 股份有限公司	一种煤制乙二醇工艺副产残液的回收方法

4.5 煤制芳烃产业发展路径导航

4.5.1 创新主体培育与引进路径

准格尔经济开发区企业内蒙古久泰新材料科技股份有限公司立足煤、延伸煤、跨越煤，循着这个发展目标，久泰新材料与清华大学联合开发的万吨级二氧化碳制芳烃工业试验项目采用一步法制芳烃工艺技术，生产广泛应用于高科技领域的聚酰亚胺，推动现代煤化工与可再生能源、绿氢、二氧化碳捕集利用与封存等耦合创新发展。内蒙古元隆永泰能源科技有限公司在常压、反应温度最高400°C的条件下，使粉煤与加入的专用化学制剂发生反应，得到芳烃的同时，对煤进行了提质，且副产少量可燃性气体。庆华集团拥有世界首套的“一步法”工艺

生产芳烃技术装备,上述企业在煤制芳烃领域持续布局,可以作为重点培育对象,在科技创新、人才引进等方面给予支持。

表 4-20 煤制芳烃创新主体培育

研究方向	名称	理由
煤制芳烃	内蒙古久泰新材料科技股份有限公司	与清华大学联合开发的万吨级二氧化碳制芳烃工业试验项目采用一步法制芳烃工艺技术
	内蒙古伊泰煤基新材料研究院有限公司	千吨级费托合成 α -烯烃分离提纯装置
	内蒙古元隆永泰能源科技有限公司	常压、反应温度最高 400°C 的条件下,使粉煤与加入的专用化学制剂发生反应,得到芳烃
	庆华集团	拥有世界首套的“一步法”工艺生产芳烃技术装备

从国内外煤制芳烃领域重要创新主体分析来看,当前国内开展煤制芳烃创新主体主要为中科院大连化物所、清华大学、中国石油化工股份有限公司上海石化研究院,埃克森美孚等,因此建议在已有合作的基础上,进一步加大相关技术的引进落地。

表 4-21 煤制芳烃外部创新主体

研究方向	名称	理由
煤制芳烃	中科院大连化物所	加快推进煤制芳烃系列技术在蒙开展成果转化。催化剂,乙苯、苯乙烯制备技术
	中石油上海石化研究院	加快推进煤制芳烃系列技术在蒙开展成果转化。催化剂、工艺领域布局,涉及苯制异丙苯、二甲苯制对/间苯二甲酸,以及甲苯制苯乙烯
	中科院山西煤化所	对流化床反应器、移动床反应器技术,ZSM-5 催化剂技术
	埃克森美孚	首次发现中游煤制甲醇(合成气)技术,但该时期专利技术主要为高辛烷值汽油制备技术,芳烃产率较低,直至 20 世纪 80 年代,埃克森美孚首次在专利中公开甲醇制芳烃技术,现重点在催化剂领域进行布局

4.5.2 人才培育引进路径

➤ 本地人才培养

内蒙古伊泰煤基新材料研究院有限公司钱震、武靖为、李俊诚、张晶泉、菅青娥、张晓龙、高源、邬学霆、陈浩庭团队，伊泰集团千吨级费托合成 α -烯烃分离提纯装置科研人员。将煤基费托合成馏分油作为原料，通过一系列高效分离提纯处理，生产出无色、油状的 α -烯烃。这一技术的突破，使得煤基原料可以生产出高纯度的 α -烯烃产品，工艺技术路线属国际首创。

➤ 外部人才引进

许磊，现任低碳催化与工程研究部（甲醇制烯烃国家工程实验室）甲醇及其衍生物转化研究组组长，长期从事催化基础和应用研究。主要承担完成了中国科学院应用研究与发展重大项目“甲醇（二甲醚）制烯烃催化剂改进”“甲醇（二甲醚）制烯烃催化剂基础研究”、国家重点基础研究发展规划项目（973）“天然气制乙烯”、中国石油天然气集团公司科学研究与技术开发项目“催化新材料的研究”、中国科学院应用研究与发展重点项目“新型分子筛的合成、表征与应用”、所科研创新基金项目“手性分子筛合成”“新型分子筛的合成及应用”“甲苯甲醇烷基化制对二甲苯联产低碳烯烃技术”等重大研究课题。同时完成了“甲醇制二甲醚工业化项目”和“甲醇制烯烃（DMTO）工业性试验项目”分子筛催化剂研究与放大。承担有中科院知识创新方向性项目、中海油等企业委托的多项研究课题。

樊卫斌，现为中国科学院山西煤炭化学研究所研究员、博士生导师。要从事分子筛的合成、机理及催化性能的研究。研究领域包括：新型沸石分子筛的合成、机理及其催化性能的研究；杂原子分子筛和负载型环境友好催化剂的制备、机理及其催化氧化性能的研究；以分子筛为主体制备仿生酶催化剂的研究；甲醇催化转化的定向调控。

董梅，中国科学院山西煤炭化学研究所研究员、博士生导师。长期从事分子筛多孔材料合成、结构及催化应用的实验和理论研究，主要开展甲醇定向转化反

应、烷烃选择氧化、低碳烷烃芳构化等课题的研究。

吴志伟, 现为中国科学院山西煤炭化学研究所副研究员, 在 *Chem. Commun.*, *Green Chem.*, *Appl. Catal. B*, *Fuel*, *Chem. Eng. J*, *RSC Adv* 等国内外重要学术期刊上发表研究论文 25 篇, 引用次数 124 次, 申请或已授权国家发明专利 7 项。研究领域涉及石墨烯上金属形貌控制及催化应用研究; 低浓度甲烷催化燃烧; 含氧煤层气催化燃烧脱氧; 甲醇定向转化研究。

表 4-22 煤制芳烃外部人才引进

技术领域	人员	单位	有效专利拥有量	人员种类
芳烃产品、催化剂	许磊	大连化物所	35	研究员
催化剂	樊卫斌	山西煤化所	8	副所长, 博导
	董梅	山西煤化所	10	研究员, 博导
	吴志伟	山西煤化所	3	副研究员

4.5.3 创新能力提升路径

目前, 内蒙古自治区内部拥有的专催化剂相关利创新成果十分有限, 结合煤制芳烃技术的研究聚焦于催化剂使用, 下表列出了国内部分重要创新主体在煤制芳烃领域已授权且维持有效的专利, 主要涉及煤制芳烃过程中催化剂的开发与利用, 能够为内蒙古自治区技术改造、升级等提供技术支撑。

表 4-23 煤制芳烃创新能力提升

创新主体	授权号	申请日	名称
厦门大学	CN106540740B	2016-10-28	由合成气高选择性制轻质芳烃的催化剂及其制备方法
江南大学	CN105944751B	2016-5-24	一种用于合成气直接制备芳香族化合物的催化剂及其制备与应用
中国科学院过程工程研究所	CN103964457B	2013-1-29	一种 SAPO 分子筛及其制备方法和用途
厦门大学	CN106215972B	2016-7-29	一种合成气一步转化制芳烃的催化剂及其制备方法
江南大学	CN107349954B	2017-7-5	一种合成气直接制备芳香族化合物的多级纳米反应器催化剂及其

			制备与应用
浙江大学	CN103664482B	2013-12-3	一种使用移动床技术将含氧化合物转化为芳烃的反应工艺
同济大学	CN102964201B	2012-11-26	一种苯与甲醇烷基化反应高选择性合成二甲苯的方法

4.5.4 关注失效专利，防止重复研发

下表示出了目前煤制芳烃领域中近 10 年内授权后失效的重点申请人或专利价值度较高的相关专利技术，已属于本领域的现有技术，内蒙古自治区可以基于目前产业发展需求对其进行直接应用，无需再投入研发。

表 4-24 煤制芳烃失效专利（部分）

技术分支	授权号	申请人	主要内容
芳烃	CN104117380B	中国科学院大连化学物理研究所；英国石油有限公司	合成气转化生产烃类化合物的工艺及所用催化剂
	JP5305486B2	Exxonmobil Chemical Patents Inc	用于将甲烷转化为高级烃的方法
	GB2570416B	中国科学院大连化学物理研究所	一种制备芳烃的方法
	JP5745635B2	Exxonmobil Chemical Patents Inc	一种方法用于生产精制 xylenesulfonic 的异构体。
	CN105531250B	环球油品公司	用于制备所需二甲苯异构体的系统和方法
	CN102348664B	埃克森美孚化学专利公司	将包含甲烷的气态烃原料流转化为芳烃的工艺
	CN102625823B	埃克森美孚化学专利公司	通过苯烷基化以高苯转化率制造具有降低的苯含量的高辛烷值汽油的方法
	EP876313B1	埃克森美孚化学专利公司	使用含过渡金属的小孔分子筛催化剂在含氧化合物转化

4.6 煤制气产业发展路径导航

4.6.1 创新主体培育与引进路径

内蒙古大唐国际克什克腾煤制天然气有限责任公司是第一个由国家发改委核准的大型煤制天然气示范项目。项目利用内蒙古自治区丰富的褐煤资源，采用先进、成熟的工艺技术生产煤制天然气，实现煤炭资源的清洁转化。内蒙古大唐国际克什克腾煤制天然气有限责任公司开发了煤制天然气联产甲醇和乙二醇的加工工艺，包括：原料煤气化制取粗合成气的步骤，粗合成气除氧并脱有机硫的

步骤，脱硫合成气低温净化的步骤，净化合成气低温深冷分离的步骤，PSA 氢气提纯的步骤和乙二醇合成的步骤以及甲醇合成的步骤。此外该公司使用了国内自主研发的 DTC 合成气甲烷化催化剂实现了高负荷长周期稳定运行，实现了国内合成气甲烷化催化剂的首次工业化应用。

内蒙古华星新能源有限公司 40 亿立方米/年煤制天然气项目位于内蒙古自治区鄂尔多斯市鄂托克前旗上海庙能源化工基地，总投资 200 多亿元，将以鄂尔多斯市纳林河矿区煤炭资源为原料（原料煤及燃料煤共约 1142 万吨/年），主要产品为 40 亿立方米/年合成天然气，副产品主要包括焦油、中油、石脑油、硫磺等。工程分两期建设，一、二期生产能力均为 20 亿立方米/年。项目主体工程主要包括碎煤加压气化、净化、甲烷化、酚氨回收、硫回收、空分、备煤等装置。公辅工程主要包括燃煤锅炉、汽轮发电机组、罐区、煤仓、脱盐水处理站、循环水系统、火炬系统等。环保工程主要包括污水处理系统、回用水系统、蒸发结晶装置、废气处理装置、油气回收装置等。

表 4-25 煤制气本地企业培育

研究方向	名称	区域	方式
催化剂，合成	内蒙古大唐国际克什克腾煤制天然气有限公司	赤峰市	培育
合成	内蒙古华星新能源有限公司	鄂尔多斯	培育

4.6.2 人才培育引进路径

王红，内蒙古工业大学教授，博士生导师，毕业于天津大学，获工学博士学位。内蒙古“新世纪 321 人才工程”入选者，中国稀土催化专业委员会副主任委员。主要从事稀土催化化学、能源催化、稀土复合材料合成及其应用、有机固废资源化利用等方面的研究。先后主持国家及自治区各类科研项目 10 余项，如内蒙古呼和浩特市科学技术局重大专项项目“利用沼气制取车用天然气技术研究”主持人。已在 *Applied Catalysis B: Environmental, Chemical Engineering Journal, International Journal of Hydrogen Energy, Catalysis Today, Applied Surface Science* 等期刊发表论文 50 余篇。相关专利有：铝基 MOFs 衍生 Ni 基催化剂及制备方法和在 CO 甲烷化反应中的用途（CN113134356B 授权）、一种用于一氧化碳及二氧化碳甲烷化的镍基催化剂及其制备方法（CN115888724A 在审）、一种掺杂稀

土元素钇的甲烷化催化剂的制备方法（CN107519858A 失效）、一种掺杂稀土元素钇的甲烷化催化剂的制备方法（CN107519858A 失效）。

表 4-26 煤制气本地人才培养

研究方向	核心成员	单位	有效专利拥有量	资质
催化剂	王红	内蒙古工业大学	1 项有效，1 项在审，2 项失效	教授

4.6.3 创新能力提升路径

国家“十四五”规划《纲要》提出，稳妥推进内蒙古鄂尔多斯煤制油气战略基地建设，建立产能和技术储备。在合成气甲烷化工艺体系中，新型高效甲烷化催化剂的开发仍是煤制天然气领域的难点和热点，国内实现该领域工业化的应用少之又少。目前，内蒙古自治区内部拥有的创新成果十分有限，国内相关授权有效的专利技术如下表所示，可用于提升技术创新能力。

表 4-27 煤制气创新能力提升路径

序号	授权号	申请人	主要内容
1	CN101618336B	大连理工大学	高转化率，长寿命
2	CN114249300B	大连理工大学	合成温度优化
3	CN104971728B	大同煤矿集团有限责任公司；太原理工大学	抗积炭，高转化率
4	CN104084211B	山西潞安矿业（集团）有限责任公司；	耐高温
5	CN102744072B	太原理工大学	活性高，抗积炭
6	CN103566938B	太原理工大学	抗烧结和抗积炭
7	CN104549291B	天津大学	催化活性和稳定性
8	CN101716513B	中国科学院大连化学物理研究所	原料低廉
9	CN104138758B	中国科学院大连化学物理研究所	高选择性
10	CN101733104B	中国科学院山西煤炭化学研究所	高效稳定
11	CN101733115B	中国科学院山西煤炭化学研究所	耐硫性，高选择性
12	CN105771965B	中国科学院山西煤炭化学研究所	耐硫性，高选择性

13	CN106268837B	中国科学院山西煤炭化学研究所	高稳定性
----	--------------	----------------	------

目前制约煤制气催化剂国产化的主要原因有转化率，寿命及温度性，耐硫性以及成本等方面，这也是目前国内创新主体的研发重点。目前，同是现代煤化工产业集聚地区的山西拥有的高校创新主体，例如中国科学院山西煤炭化学研究所催化剂研发等领域的研究方向硫性，高选择性，高选择性等多个方面，还进一步开发了低碳醇合成工艺和甲烷化工艺有机地耦合在一起，提高了碳利用率，实现了低碳醇和天然气工艺的联产互补的优点。内蒙古自治区应当抓住窗口期，可以通过引进技术实现封存产业环节的技术加强。以在催化剂国产化领域实现赶超。

4.6.4 关注失效专利，防止重复研发

下表示出了目前煤制气领域中近 5—10 年（对于国外失效专利选择近 10 年）内授权后失效的重点申请人或专利价值度较高的相关专利技术，已属于本领域的现有技术，内蒙古自治区可以基于目前产业发展需求对其进行直接应用，无需再投入研发。

表 4-28 煤制气失效专利（部分）

技术	授权公告号	申请人	名称
催化 剂	CN109806874B	福州大学	一种二氧化碳甲烷化镍基多金属催化剂的制备方法及应用
	CN109701547B	华中科技大学	一种高甲烷催化活性的锰铈催化剂制备方法及产品
	CN109647495B	天津大学	一种镍基甲烷干重整催化剂的制备方法
	CN104117380B	中国科学院大连化学物理研究所	合成气转化生产烃类化合物的工艺及所用催化剂
	CN109622052B	中国石油大学（华东）	一种用于费托合成反应的催化剂及其制备方法
	CN103582525B	庄信万丰股份有限公司	水-煤气变换催化剂
	RU2662221C2	Basf Se	六铝酸盐的含镍催化剂在二氧化碳存在下对烃类进行重整
	US20160214093B2	Battelle Memorial Institute	费托合成催化剂结构和方法
	RU2660648C1	Rossijskij universitet druzhby narodov" (RUDN) (RU)	用于获得合成气的碳纳米结构的催化剂酸甲烷的转化及其获得方法

	US9669393B2	Saudi Basic Industries Corporation	合成气选择性合成低碳烃催化剂
	US9770706B2	Saudi Basic Industries Corporation	用于从甲烷生产合成气催化剂组合物、方法及其 CO ₂ 重整方法
	DE102018118579B2	Technische Universität München	掺杂的镍甲烷化催化剂
合成	CN206721065U	神雾科技集团股份有限公司	制备甲烷的系统
	CN106146236B	内蒙古丰汇化工有限公司	由甲醇两步法制备烃类产品的方法
	CN206553480U	山西高碳能源低碳化利用研究设计院有限公司	焦炉煤气多段一体式等温甲烷化反应器
	CN111471857B	中南大学	一种锰结核回收并联产甲烷干重整催化剂的方法
	JP6353818B2	Kobe Steel Ltd	蒸汽重整与甲烷化的电路系统电路
	DE102014016401B2	Linde Aktiengesellschaft	使用合成气中 CO ₂ 的方法生产
	DE102013022021B4	Bruno Kolb	用于从气体混合物中分离二氧化碳的甲烷化方法分离之后的可逆选择性吸附
	DE102018201561B2	Friedrich Alexander Universität Erlangen Nürnberg	管式反应器和用于操作管式反应器的方法
	US9677018B2	Thyssenkrupp Industrial Solutions Ag	硬煤制合成气工艺

4.7 CCUS 产业发展路径导航

4.7.1 创新主体发展路径

创新主体的发展主要考虑对内蒙古自治区内部创新主体的整合与培育,以及对内蒙古自治区外部创新主体的引进与合作。

综合考虑内蒙古自治区内 CCUS 技术领域授权维持有效的专利量,企业资质,涉及的技术领域等多方面因素,建议对高新技术企业内蒙古京能(锡林郭勒)发电有限公司进行培育。京能(锡林郭勒)发电有限公司,成立于 2016 年,北京能源集团成员,主要从事能源节约和能源开发项目,电力、热力相关燃料等综

合开发利用。京能（锡林郭勒）发电有限公司负责建设运营的京能五间房草原生态产业综合示范项目在 2020-2021 年度获得国家优质工程金奖，在建设过程中，项目应用多项国家重点节能低碳技术，项目建设生态示范效应显著。目前该公司拥有两项有效专利技术，主要涉及 CO₂ 的转化和利用，与中国科学院大连化物所合作申请，涉及 CO₂ 与绿氢结合制备甲醇。

表 4-29 CCUS 本地企业培育

研究方向	名称	区域	方式	理由
转化和利用	京能（锡林郭勒）发电有限公司	锡林郭勒盟	培育	高新技术企业

对于外部创新主体，目前 CO₂ 转化和利用领域中的绿色甲醇项目为内蒙古自治区重点发展产业，同时也适应现代煤化工相关政策中绿氢发展的要求。将甲醇经过催化剂反应制得氢气的过程，属于甲醇重整制氢，具有储运便捷的优势，储运以及加注甲醇可以利用现有的液体燃料基础设施，无需新建加氢站，可以有效降低能源转型所需的基础设施投入。而采用二氧化碳制得的绿色甲醇属于液态燃料，再用于制氢即可以实现碳排放闭环。目前内蒙古自治区内部创新主体研发重点主要集中在绿色甲醇制备的相关催化剂以及制备方法上，对于后续重整制氢的研究成果较少，可以考虑引进或合作。中科液态阳光（苏州）氢能科技发展有限公司，主要涉及业务为甲醇重整制氢、二氧化碳加氢制甲醇、电解水制氢等技术研发，可以弥补内蒙古自治区在重整制氢领域的技术短板。该公司目前拥有相关专利技术 41 件，其中 33 件维持有效，7 件失效，1 件处于实质审查。

表 4-30 CCUS 外部企业引进

研究方向	名称	区域	方式	理由
转化和利用	中科液态阳光（苏州）氢能科技发展有限公司	江苏	合作	填补技术薄弱

4.7.2 人才培养与引进

对于 CCUS 领域内蒙古自治区内部拥有的人才，建议加强培养，减少人才外流。

张永锋：内蒙古工业大学，博士，教授，博士研究生导师。主要从事集成膜分离技术、洁净煤技术及煤系固体废弃物高值化利用和城市生活垃圾资源化技术

的研究与开发。2012年经内蒙古自治区发改委批准建设内蒙古自治区煤基固废高值化利用工程实验室。2024年2月4日，张永峰团队研发的“煤基固废低碳利用与高值材料制备技术”，通过蒙科聚科创平台顺利签约转化，转化金额为1000万元。煤基固废低碳利用与高值材料制备技术针对久泰新材料公司的煤气化渣特性，采用浮选工艺高效回收其中的碳资源，实现煤气化渣的高值化利用，预计久泰100万吨乙二醇可产渣量10多万吨，如果全部利用可实现2亿至3亿元产值，5千万至6000万的经济效益。

张永峰教授团队目前研究的富氧燃烧以及膜分离技术属于内蒙古自治区目前CO₂捕集领域中较少涉及的技术分支。

张建斌：内蒙古工业大学，博士，教授，博士生导师，内蒙古自治区CO₂捕集与资源化工程技术研究中心主任，内蒙古自治区自然科学奖获得者，成立了内蒙古煤基二氧化碳捕集与资源化创新人才团队。团队与北京大学、中科院过程工程研究所、北京科技大学等单位建立了比较稳定的学术交流与合作关系。张建斌教授主要研究方向为二氧化碳的捕集与资源化，发表多篇关于CO₂捕集的研究成果。

表 4-31 CCUS 本地人才培养

研究方向	核心成员	单位	有效专利拥有量	人员种类信息
CO ₂ 捕集	张永峰	内蒙古工业大学	1 项有效 1 项在审	教授
CO ₂ 捕集	张建斌	内蒙古工业大学	1 项有效	教授

在2023年《关于推动内蒙古高质量发展奋力书写中国式现代化新篇章的意见》政策中强调，要推动氢能、新型储能先进技术装备攻关，支持开展可再生能源制氢等应用示范项目建设。西安交通大学王焕然教授团队，主要研究领域包括大规模存储电能的新方法、新原理、新技术及新装备，包括压缩空气储能、跨临界CO₂储能、抽水压缩气体储能等。王焕然教授团队目前拥有多件将CO₂用于空气储能的专利技术，如表4-32所示。建议内蒙古自治区可以考虑进行外部人才引进，优化CCUS产业链。

表 4-32 CCUS 外部人才引进

核心成员	单位	资质	公开号	主要技术
王焕然	西安交通大学	教授	CN114483290A	一种甲醇重整器耦合内燃机的复合压缩空气储能系统及方法
			CN114753896A	一种基于空气储能的电氢碳联产系统及方法
			CN115405495A	一种压缩空气储能耦合热泵的冷电氢联产系统及运行方法
			CN115898579A	一种近等温压缩耦合化学能的电氢联产系统及方法
			CN115978830A	一种集成氨基储能制冷的跨临界二氧化碳储能系统及方法
			CN117430085A	基于跨临界二氧化碳储能的冷热电氢碳联产系统及方法

考虑到 CO₂ 加氢转化制化学品是内蒙古自治区内 CO₂ 转化的主要路径，并且中煤集团目前已经与中科院大连化物所达成合作，大连化物所李灿院士团队目前已经拥有多项关于液态阳光—绿色甲醇相关催化剂的专利技术。中科院大连化物所葛庆杰研究员，主要研究内容包括 CO₂ 加氢制洁净液体燃料和化学品，对于二氧化碳加氢制高端化学品拥有多项专利技术，如下表所示，可以弥补内蒙古自治区对于该项技术研究的短板。

表 4-33 二氧化碳加氢制高端化学品专利技术

公开号	专利技术	当前法律状态	有效性
CN116328779A	二氧化碳生产汽油	授权	有效
CN107840778A	二氧化碳制芳烃	授权	有效
CN110903843A	二氧化碳催化加氢制取异构烷烃	授权	有效
CN114479902A	二氧化碳生产汽油	授权	有效

2017 年，大连化物所碳资源小分子与氢能利用创新特区研究组研究员孙剑、葛庆杰和位健等人组成的研究团队开发了二氧化碳加氢制汽油技术，研究成果发表在《自然-通讯》上，并被《自然》杂志选为研究亮点。该技术历经实验室小

试、百克级单管评价试验、催化剂吨级放大制备、中试工艺包设计等过程，并于2020年，在山东邹城工业园区建设完成了千吨级中试装置。装置累计完成各项投资四千余万元，并陆续实现了投料试车、正式运行以及工业侧线数据优化。2021年10月，正式通过了由中国石油和化学工业联合会组织的连续72小时现场考核。专家认为，该技术可实现二氧化碳和氢的转化率达到95%，汽油在所有含碳产物中的选择性优于85%，显著降低了原料氢和二氧化碳的单耗，整体工艺能耗较低，生成的汽油产品环保清洁，经第三方检测，辛烷值超过90，馏程和组成均符合国VI标准。目前已形成具有自主知识产权的二氧化碳加氢制汽油生产成套技术，为后续万吨级工业装置的运行提供了有力支撑。

4.7.3 创新能力提升路径

在《鄂尔多斯关于支持现代煤化工产业发展的若干措施》的政策中提到，要支持企业实施绿氢替代，推进煤化工+绿氢、煤化工+绿电一体化发展。2023年中国能建中电工程华北院中标了鄂尔多斯10万吨/年的“液态阳光—二氧化碳加绿氢制甲醇”的项目。通过光催化、光电催化或电催化直接将CO₂转化为有机燃料绿色甲醇，或者将CO₂与绿氢结合，是内蒙古自治区目前实现行业绿色转型发展的关键技术，属于重点产业环节。目前，中煤集团目前与中科院大连化物所就“绿色氢能与液态阳光”项目已经达成了合作，具有多项可利用的专利技术。现有技术主要集中在绿色甲醇制备的催化剂和方法上，建议内蒙古自治区在现有绿色甲醇生产技术基础之上，可以考虑进一步加强重整制氢系统的研发与专利布局，或针对该技术与相关企业进行合作或人才引进，加强在该产业上的竞争优势，进行全方面的专利布局，实现技术赶超。

2010年，内蒙古自治区鄂尔多斯市启动建设了中国首个地下咸水层二氧化碳封存项目。但由近些年产业发展和专利技术发展来看，相关项目的启动和技术的研发处于停滞不前的状态，即使在全国和全球范围内，对于二氧化碳封存技术的研发也属于薄弱的产业环节。目前，在同是现代煤化工产业集聚地区的山西和陕西拥有的高校创新主体，西安交通大学、西安科技大学和太原理工大学近几年拥有多项维持有效的关于封存技术的授权专利。建议内蒙古自治区可以通过引进技术实现封存产业环节的技术加强。此外，鉴于内蒙古自治区目前已经与中国矿业大学开展了合作，而中国矿业大学属于封存领域的头部重点申请人，拥有多项

封存相关的专利技术，可以加强对该专利技术的落地转化，实现封存产业环节的技术加强。

在 CO₂ 转化和利用技术领域，全球和国内热点研究的转化技术包括热催化法、生物转化法和碳酸化法。生物转化法具有绿色环保、能耗低的特点，具有良好发展前景。碳酸化法在转化二氧化碳的同时还可以实现工业废料的资源化利用，提高环境效益，是一种非常有前景的可持续处理废弃物和二氧化碳的途径。但目前，内蒙古自治区内对于生物转化法和碳酸化法利用二氧化碳的创新成果较少，且没有可以实现产业化的项目。针对该空白产业缺失环节，可以参考下表所示的专利技术。

表 4-34 CCUS 创新能力提升路径

技术分支		授权号	申请人	主要内容
CO ₂ 的转化和利用	光催化和/或电催化	CN111039258B	中国科学院大连化学物理研究所；	基于太阳燃料甲醇水重整制氢系统实现了全产业链的二氧化碳零排放
		CN105664817B	中国神华，华中科技大学	光纤式光催化反应器和将 CO ₂ 转化成甲醇，甲醇产率高、光利用率高
		US11498886B2	Carbon Recycling Solutions Llc	将二氧化碳和绿氢直接转化为液体燃料的催化剂
	CO ₂ 与绿氢结合	CN114893264B	哈尔滨工业大学(深圳)	联合绿氢与 CO ₂ 资源化利用的燃煤富氧燃烧发电系统及方法
		CN217149333U	中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司	基于新能源和液态阳光的煤电机组减碳系统，合成绿色甲醇
	CO ₂ 的生物转化和碳酸化转化	CN113062712B	太原理工大学	利用微生物转化 CO ₂
		CN111389401B	北京化工大学	一种用于高效催化转化 CO ₂ 的微生物耦合催化体系，转化成高附加值产品 甲醇、甲酸或乙酸等
		EP2521790B1	Kiverdi Inc	利用化能自养微生物固定 CO ₂ 形成有机化合物
		CN113200818B	中国华能	在常温常压下进行 CO ₂ 捕集，将 CO ₂ 转化成碳酸镁
		CN214809762U	西安热工研究院	一种利用石膏直接矿化烟气二氧化碳的系统

		CN114988913B	江苏集萃功能材料研究所有限公司	直接利用含二氧化碳烟气进行矿化养护制备建筑材料
封存		CN211287815U	西安交通大学	一种深海碳封存与发电系统
		CN113775376B	西安科技大学	一种富油煤原位热解及CO ₂ 地质封存一体化的方法
		CN113931605B	西安科技大学	一种煤炭深部地下气化后CO ₂ 捕捉与封存方法
		CN114575800B	太原理工大学	一种烟道气就地深地超临界封存方法
		CN116575900B	太原理工大学	一种原位煤体分区可控气化制氢及CO ₂ 封存一体化方法

4.7.4 关注失效专利，防止重复研发

下表示出了目前 CCUS 领域中近 5—10 年(对于国外失效专利选择近 10 年)内授权后失效的重点申请人或专利价值度较高的相关专利技术,已属于本领域的现有技术,内蒙古自治区可以基于目前产业发展需求对其进行直接应用,无需再投入研发。

表 4-35 CCUS 失效专利(部分)

技术分支	授权号	申请人	主要内容
捕集	CN215610482U	华北电力大学	一种用于垃圾焚烧与燃煤耦合发电机组的二氧化碳捕集系统
	CN207813671U	华北电力大学	一种太阳能碳捕获与布雷顿循环联合发电系统
	CN108636059B	太原理工大学	一种二氧化碳捕集及再生的一体化装置和方法,从烟道气中回收低品位热能加热水和吸附剂,形成水蒸气促进二氧化碳吸,实现二氧化碳吸附剂的循环利用
	CN109201007B	太原理工大学	二氧化碳捕集吸附剂,由有机胺、离子液体与生物质炭复合而成
	AU2014206161B2	Alstom Technology Ltd	用于氨汽提塔能耗减少用于碳捕捉系统
	AU2012326392B2	Alstom Technology Ltd	冷氨基 CO ₂ 捕获系统与洗涤用途的系统和方法
	AU2012300552B2	Alstom Technology Ltd	用于捕获氨化溶液中的 CO ₂ 吸收剂

转化 和利 用	CN211370506U	华北电力大学	一种利用 CO ₂ 热泵的风能和生物质互补热电联产系统
	US10507426B2	The University Of Wyoming Research Corporation D/B/A Western Research Institute;	用于将二氧化碳污染物生物转化为有用产品的系统和方法
	CN106975487B	中南民族大学	一种特定形貌 Co ₃ O ₄ 负载铂催化剂及其在 CO ₂ 加氢合成低碳醇反应中的应用

4.8 水处理产业发展路径导航

4.8.1 创新主体发展路径

中煤鄂尔多斯能源化工有限公司涉及煤化工废水处理的有效专利拥有量 8 篇，在国内首次采用“AOP+MVR+UF/NF+双效强制循环蒸发结晶”组合工艺处理矿井水和煤化工浓盐水，填补了国内纳滤分盐和热法分盐相结合的工艺技术空白，实现了对矿井水、煤气化工艺废水和高盐废水的综合利用，每年可节约新鲜水 1000 万吨，该系统于 2017 年 9 月建成投产。针对这种已经投产的企业应重点打造，努力打造示范项目，鼓励作为技术创新主体不断进行突破性创新。

内蒙古晶泰环境科技有限责任公司、内蒙古东源环保科技股份有限公司等为主要的专利申请主体，拥有一批有效的煤化工废水处理专利技术，这些企业应该作为重要的培养支持对象，加大与煤化工企业间的合作，为企业解决工业废水排放量大、污染物种类复杂，处理难等问题，企业污水处理方面的需求反作用于企业技术的不断发展，实现二者利益的最大化。

内蒙古新创环境科技有限公司、内蒙古蒙投环境股份有限公司等小型污水处理企业，在工业废水处理方面处于起步阶段，将其与科研实力强，科研人才聚集的高校、科研院所联合，企业提供试验场所，高校与科研院所提供研发技术，将科研院所强大的科研实力与企业具备的产业嗅觉和转化能够相结合，能够更稳准狠地提高研究和转化效果。

表 4-36 内蒙古煤化工废水处理企业培育与整合

研究方向	名称	区域	整合培育形式	理由
煤化工废水零排放	中煤鄂尔多斯能源化工有限公司	鄂尔多斯	重点扶持，打造示范项目	树立煤化工企业优秀的污水处理榜样

高盐废水的膜法、热法	内蒙古晶泰环境科技有限责任公司	鄂尔多斯	与煤化工企业合作，力争将技术产业化	企业自身已具备一定的专利技术，产业化的同时不断升级技术
生物法	内蒙古东源环保科技股份有限公司	鄂尔多斯		
生活污水的深度处理	内蒙古新创环境科技有限公司	呼和浩特	与高校联合，研究新的技术对不同的工业污水进行针对性处理	高校提供科研平台，为企业提供试验场所，推动内蒙古煤化工废水处理技术发展
	内蒙古蒙投环境股份有限公司	呼和浩特		

4.8.2 人才培养与引进

胡瑞生，内蒙古大学教授，内蒙古自治区煤炭化学重点实验室主任，内蒙古自治区稀土材料化学与物理重点实验室副主任，在煤化工废水处理领域的主要研究方向为光催化与环境化学，研究制备的含锡双钙钛矿型光催化剂、负载型双钙钛矿光催化剂和溶胶凝胶一步法低温合成纯相 $\text{Bi}_{25}\text{FeO}_{40}/\text{ZnO}$ 光催化剂对于煤化工废水中的常见污染物苯酚均有良好的去除效果。

刘崎峰，内蒙古大学教授、内蒙古自治区煤化工废水处理与资源化工程技术研究中心主任、内蒙古自治区环保产业协会副秘书长，主要研究方向是水污染防治与资源化、膜分离技术、高级氧化技术，将科研精力集中于高难度工业废水处理及资源化，是名副其实的水处理专家。

胡敬韬是内蒙古自治区生态环境低碳发展中心的高级工程师，主要研究方向是环境化学、排污许可、重金属污染防治等方向；付志敏，内蒙古大学副教授、内蒙古自治区煤化工废水处理与资源化工程技术研究中心副主任，研究方向为废水脱氮工艺、微生物燃料电池技术、工业废水处理。内蒙古工业大学李桂兰、李春丽、曹英楠和内蒙古大学的范利茹、李静泉的研究方向均涉及水污染控制，可见内蒙古本身拥有较强的煤化工废水处理技术研发实力和专业的研发团队，建议应始终以本地人才培养为主线，促进产业创新，加强对内蒙古大学、内蒙古工业大学类高职院校的政府财政投入力度，将内蒙古打造成为我国煤化工废水处理技术人才培养基地。内蒙古也应鼓励并出台相关优待政策留住人才，不断促进地区产业创新发展。

表 4-37 内蒙古煤化工废水处理团队/人才培养与合作路径

研究方向	核心成员	单位	人员种类
光催化与环境化学	胡瑞生	内蒙古大学	教授、内蒙古自治区煤炭化学重点实验室主任
环境化学、排污许可、重金属污染防治	胡敬韬	内蒙古自治区生态环境低碳发展中心	高级工程师
水污染防治与资源化、膜分离技术、高级氧化技术	刘崎峰	内蒙古大学、内蒙古自治区煤化工废水处理与资源化工程技术研究中心	教授、内蒙古自治区煤化工废水处理与资源化工程技术研究中心主任
废水脱氮工艺、微生物燃料电池技术、工业废水处理	付志敏	内蒙古大学、内蒙古自治区煤化工废水处理与资源化工程技术研究中心	副教授、内蒙古自治区煤化工废水处理与资源化工程技术研究中心副主任
水污染控制、膜过程技术强化	李桂兰、李春丽	内蒙古工业大学	副教授
水、土污染控制与修复	曹英楠	内蒙古工业大学	副教授
废水自养生物脱氮、微生物生态、水处理系统碳足迹、全生命周期评价	范利茹	内蒙古大学	讲师
环境微生物研究方向，主要从事微生物脱硫及应用、煤基固废资源化利用、有机污染物降解与治理、环境与资源微生物菌种库建设等方面的研究工作	李静泉	内蒙古大学	讲师

内蒙古可根据煤化工废水处理的现状以及规划整体布局对相关人才进行引进，进行产学研充分结合与优势互补，提高本地区创新活力与废水处理技术。

华东理工大学的汪华林院士团队拥有 16 篇有效专利拥有量，位于我国发明人排名前十名内，汪院士的研究方向涉及物理分离理论与设计、污染物源头控制及资源化、环境与能源技术，相关科研成果服务于甲醇制烯烃的国家战略性高端产业、国家燃油质量升级的重点工程、海洋油气开发的国家能源安全战略中的环境保护。此外，相关环保技术和高端装备还推广应用到文莱、哈萨克斯坦、苏丹等共建“一带一路”国家。

哈尔滨工业大学教授韩洪军，国家环保部评估专家组成员，中国石化联合会煤化工专委会专家，中国能源环保协会常务理事，中国工业水处理专业委员会副

主任，中国化工学会环保专业委员会副主任，IWA Anaerobic Digestion China Committee Director（国际水协），研究方向为污水生物处理理论与应用、高浓度废水处理新技术及回用资源化技术、污水处理新技术新工艺及污泥减量技术、煤化工废水零排放及浓盐水资源化技术，近10年致力于研究煤化工废水处理零排放技术研究，在煤化工废水零排放领域发表论文占此领域全球论文总数43%。

孙承林，中国科学院大连化学物理研究所研究院、大连科铎环境科技有限公司法人，主要研究方向为工业催化剂研究和开发、水污染控制技术与工程；曹宏斌，中国科学院过程工程研究所研究院，主要研究方向为工业污染全过程控制。

表 4-38 废水处理团队/人才引进与合作路径

研究方向	核心成员	单位	有效专利拥有量	人员种类
物理分离理论与设计、污染物源头控制及资源化、环境与能源技术	汪华林 杨强	华东理工大学	16	院士 教授
污水生物处理理论与应用、高浓度废水处理新技术及回用资源化技术、污水处理新技术新工艺及污泥减量技术、煤化工废水零排放及浓盐水资源化技术	韩洪军	哈尔滨工业大学	7	教授
工业催化剂研究和开发、水污染控制技术与工程	孙承林	中国科学院大连化学物理研究所、大连科铎环境科技有限公司	43/9	研究员、法人
工业污染全过程控制	曹宏斌	中国科学院过程工程研究所	6	研究员

4.8.3 创新能力提升路径

下表列出了内蒙古中煤能源四篇均已授权的专利申请，涉及的技术主题均含有热法分盐，可见内蒙古煤化工废水处理的重点技术在于热法分盐，最终实现资源化回收，专利 CN106315991B 对煤化工废水进行预处理、膜分离、氧化处理后进行浓缩蒸发结晶处理，回收的水、无水硫酸钠、氯化钠可以再次工业化利用，实现了废水的“零排放”。零排放是近年来研究的热点，许多研究团队在研究高效、

低成本的煤化工废水零排放工艺，内蒙古可以在现有基础上，依托其庞大的产业集群和科研平台，将煤化工废水零排放作为技术赶超的重点，有利于快速提升煤化工企业的废水处理水平。

表 4-39 废水处理创新能力提升路径

	公开号	名称	当前权利人	当前法律状态	技术主题
1	CN106315991B	一种工业废水分盐技术及其工业化应用	内蒙古中煤远兴能源化工有限公司	授权	多级工艺联用 热法 膜法
2	CN206868771U	一种用于甲醇制烯烃污水汽提塔离线清洗装置	中煤鄂尔多斯能源化工有限公司	授权	热法
3	CN209554975U	一种矿井水用于煤化工的零排放资源化利用系统	中煤鄂尔多斯能源化工有限公司	授权	多级工艺联用 热法
4	CN212894308U	MTO 浓缩水回收系统	中煤鄂尔多斯能源化工有限公司	授权	多级工艺联用 热法 除油

此外，依托胡瑞生教授团队研发的光催化剂也是内蒙古煤化工废水处理的重点技术，光催化法不需要高温高压反应条件，操作相对简单，不需要复杂的设备和技术，也不会对环境造成二次污染，能够对水中难以降解的有机物进行高效分解，处理效率高。内蒙古可以充分利用这些成果，实现产业化，推动煤化工废水处理技术的革新发展。

内蒙古煤化工废水处理技术的薄弱点在于对膜法和氧化法的充分利用。中石化在分离膜的制备以及膜应用等方面做了相关研究，制备超亲水油水分离膜应用于油水分离，天津工业大学也制备出一种具有优良过滤性能和吸附性能的复合超滤膜，应用于污水处理，北京天灏柯润环境科技有限公司等公司均利用膜法对煤化工废水进行了深度处理。

高级氧化法通过电化学或化学反应生成羟基自由基来降解有机物，主要方式有催化氧化法、湿式氧化、Fenton 氧化、超临界水氧化和臭氧氧化法。西安交通大学采用超临界水氧化技术处理高浓度高含氮量有机废液，中国科学院山西煤炭化学研究所利用原位掺硫活性炭活化过硫酸盐降解有机废水，山西中科国蕴环保科技有限公司通过催化湿式氧化处理高浓度有机废水，都取得了良好的去除效果，内蒙古可以充分利用这些研究成果，进一步投入研究成本，研发出更高效的

污水处理技术，并做好相应的专利布局。

表 4-40 膜法和氧化法的主要专利申请

技术分支	授权号	申请人	摘要
预处理中的膜法	CN112755802B	中国石油化工股份有限公司、中国石油化工股份有限公司北京化工研究院	制备超亲水油水分离膜应用于油水分离
	CN104492286B	天津工业大学	利用紫外辐照技术制备带有不同亲疏水基团的功能化无纺布，作为复合过滤膜的支撑层，制备出一种具有优良过滤性能和吸附性能的复合超滤膜，应用于污水处理
深度处理中的膜法	CN101962235B	中国石油化工股份有限公司、中国石油化工股份有限公司北京化工研究院	对 MTO 废水依次进行沉淀分离、超滤系统、反渗透系统处理
	CN219637066U	北京天灏柯润环境科技有限公司	通过除硬单元、生化反应单元、过滤单元（超滤膜+反渗透膜）处理烯烃制备废水
	CN205590370U	浙江兴兴新能源科技有限公司、江苏久吾高科技股份有限公司	设置两级膜过滤塔处理 MTO/MTP 急冷水和水洗水
	CN105859019B	中国环境科学研究院	对有机废水依次进行预处理、氧化、厌氧氨氧化和反渗透膜处理
	JP2014028366A	Nippon Rensui Co Ltd	采用活性污泥法和膜过滤法对焦炉废水进行处理
氧化法	CN114790029B	西安交通大学	超临界水氧化技术处理高浓度高含氮量有机废液
	CN105668758B	中国科学院山西煤炭化学研究所	原位掺硫活性炭活化过硫酸盐降解有机废水
	CN204569526U	江苏润聚新材料科技	向电解反应器中加入负载纳米二氧化钛活

		有限公司、 中国化学工程第十四 建设有限公司	性炭催化剂，紫外线 驱动下，生成羟基自 由基并作用于污水
	CN109835975B	山西中科国蕴环保科 技有限公司	催化湿式氧化处理高 浓度有机废水

内蒙古煤化工废水处理领域技术空白产业环节主要为利用生物法对煤化工废水处理。下表提供了该技术方向我国部分主要的相关专利申请，内蒙古企业在技术研发方面可以作为参考。中石油将间歇式活性污泥法结合反硝化脱氮技术处理高氨氮浓度废水，华夏碧水环保科技有限公司采用硫自养反硝化与厌氧氨氧化过程耦合处理废水，而中国农业科学院研究生院和重庆理工大学更倾向于寻找高性能的微生物菌剂。内蒙古可充分利用自身资源，结合实际情况加强对空白产业环节的技术引进。

表 4-41 生物法的主要专利申请

技术分支	授权号	申请人	摘要
生物法	CN101306903B	中国石油化工股份有 限公司； 中国石油化工股份有 限公司抚顺石油化工 研究院	间歇式活性污泥法结合反 硝化脱氮技术处理高氨氮 浓度废水
	CN112573652B	华夏碧水环保科技有 限公司	硫自养反硝化与厌氧氨氧 化过程耦合处理废水
	CN113980856B	中国农业科学院研究 生院	菌株 SL-6 为假单胞菌属新 物种，能够降解多种多环芳 烃化合物
	CN110804568B	重庆理工大学	含有粘质沙雷氏菌 TF-1、贫 铜菌 SWA1、粪产碱杆菌、 不动杆菌和苍白杆菌 TAC-2 的复合菌剂，可在高 浓度有机氯条件下的好氧 环境中实现高氨氮废水高 效脱氮

4.8.4 关注失效专利，防止重复研发

在研发过程中，避免重复研发造成投入的巨大浪费是一项必要的准备工作，分离膜、吸附剂和水处理药剂以及氧化法等技术领域均有涉及，在进行研发时需要对相关的技术领域进行一个全面的分析认识。

但从另一角度看，失效专利对于我国众多技术力量薄弱、研发能力不足、资金短缺的中小企业来说，却是一笔可供无偿使用的财富，失效专利同专利一样包含了工业技术和产品的各个方面，同时也包含了技术领域内的最新技术。对失效专利改进后再实施，即进行二次技术创新对于中小企业来说无疑是一条促进企业发展的捷径。

表 4-42 废水处理失效专利（部分）

技术分支	公开号	申请人	摘要
膜法	CN108380062A	华南理工大学	抗菌功能的大通量亲水憎油油水分离膜
热法	CN212356894U	广东松洋机械设备有限公司	设置有净化箱和蒸发釜的煤化工行业的工业废水深度脱盐装置
吸附法	CN107381883B	中国矿业大学	褐煤吸附煤制油高浓有机废水中的酚类有机污染物
氧化法	CN105347587B	北京金泽环境能源技术研究有限公司	微波诱导催化氧化处理焦化生化出水
药剂	CN105110392B	武汉理工大学	制备非选择性重金属废水快速净化处理剂

第五章 现代煤化工产业高价值专利的转化与应用

党的十八大以来，国家高度重视技术落地化，知识应用化，国务院办公厅印发《专利转化运用专项行动方案（2023—2025年）》，提出到2025年，推动一批高价值专利实现产业化。现有的专利技术如何落地到所需要的企业中去成为国家在发展布局中的核心问题，促进高校专利成果转移转化是实施国家发展战略中的重要任务。

通过对内蒙古高校、科研院所发明授权专利中未转化专利进行梳理，筛选出适合内蒙古现代煤化工产业的重点高价值专利，可以助力内蒙古自治区企业进行科技创新，提高自身竞争力。

如图5-1所示，在筛选出的高价值专利中，内蒙古高校和科研院所针对现代煤化工污水处理和碳捕集、利用与封存方面具有较多的研究，这也与国家对节能减排越来越重视，现代煤化工产业对于碳捕集、利用、封存和水处理的需求愈发迫切相符合，内蒙古各企业可以根据企业实力、工艺特点、污染物种类等指标，在下表中选择合适的高价值专利进行转化。煤制烯烃以及煤制油涉及的专利较少，主要涉及内蒙古工业大学、内蒙古大学和鄂尔多斯职业学院。煤制气、煤制芳烃、煤制乙二醇等方面可以参考分析报告中列出的高价值专利列表，进行转化与运用。

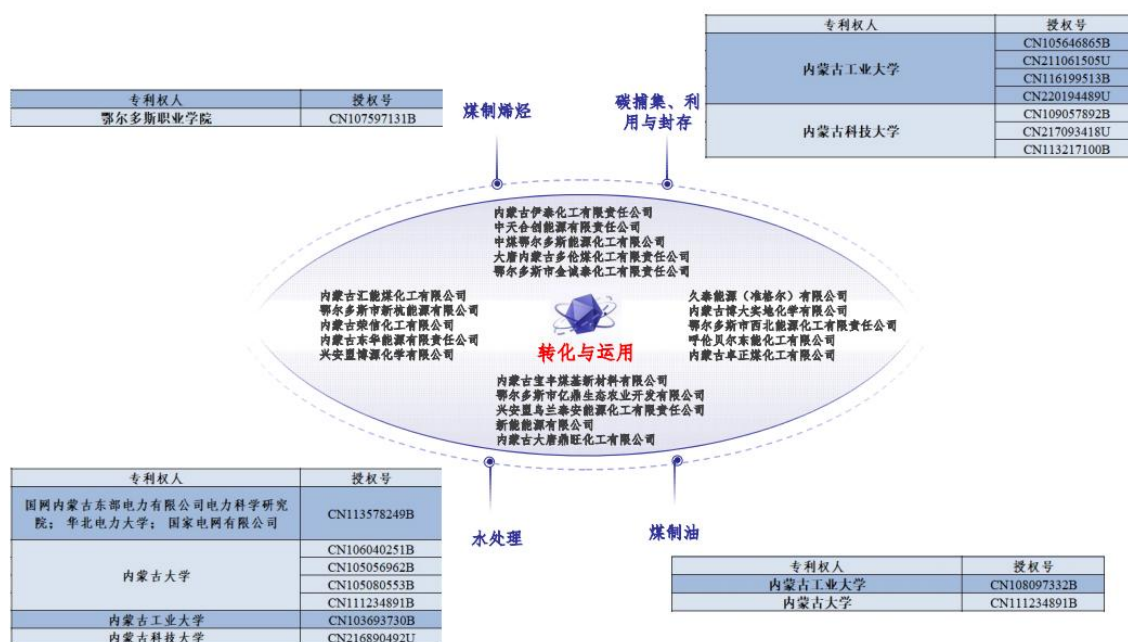


图 5-1 内蒙古自治区现代煤化工高价值专利转化运用