

# 陕西省煤制烯烃（芳烃）深加工产业 专利导航报告

陕西省知识产权局

二〇二三年三月

## 目 录

第一章 产业概况.....	1
1.1 煤制烯烃深加工.....	1
1.1.1 产业链.....	错误！未定义书签。
1.1.2 典型技术.....	2
1.2 煤制芳烃深加工.....	6
1.2.1 产业链.....	7
1.2.2 典型技术.....	8
1.3 国内产业区域分布情况.....	12
1.4 产能与市场供需关系.....	13
1.5 相关政策.....	16
1.5.1 国家现代煤化工产业政策历程.....	16
1.5.2 国家层面煤化工行业政策汇总.....	16
1.5.3 煤化工相关环保政策解读.....	19
1.5.4 国家层面煤化工行业发展目标解读.....	21
1.6 产业面临问题.....	22
第二章 研究内容和方法.....	23
2.1 研究内容.....	23
2.2 技术分解.....	24
第三章 煤制烯烃产业专利导航.....	26
3.1 煤制烯烃深加工产业发展方向导航.....	26
3.1.1 全球煤制烯烃产业专利整体概况.....	26

3.1.2	全国煤制烯烃产业专利整体概况 .....	37
3.1.3	陕西煤制烯烃产业专利整体态势 .....	60
3.2	陕西煤制烯烃深加工产业现状定位导航 .....	82
3.2.1	陕西煤制烯烃深加工产业产业链定位 .....	82
3.2.2	陕西煤制烯烃深加工产业技术链定位 .....	84
3.2.3	陕西煤制烯烃深加工产业专利链定位 .....	89
3.2.4	陕西煤制烯烃深加工产业企业链定位 .....	90
3.3	陕西煤制烯烃深加工产业发展路径导航 .....	93
3.3.1	产业结构调整优化路径 .....	93
3.3.2	企业整合培育引进路径 .....	96
3.3.3	创新人才培养路径 .....	100
3.3.4	技术创新引进提升路径 .....	103
3.3.5	专利布局协同运用路径 .....	104
<b>第四章</b>	<b>煤制芳烃深加工产业专利导航 .....</b>	<b>108</b>
4.1	煤制芳烃产业发展方向导航 .....	108
4.1.1	全球煤制芳烃深加工产业专利整体概况 .....	108
4.1.2	全国煤制芳烃深加工产业专利整体概况 .....	129
4.1.3	陕西煤制芳烃深加工产业专利整体概况 .....	140
4.1.4	煤制芳烃深加工产业主要创新主体分析 .....	149
4.2	陕西煤制芳烃深加工产业现状定位导航 .....	169
4.2.1	陕西煤制芳烃深加工产业产业链定位 .....	169
4.2.2	陕西煤制芳烃深加工产业技术链定位 .....	171

4.2.3 陕西煤制芳烃深加工产业专利链定位 .....	179
4.2.4 陕西煤制芳烃深加工产业企业链定位 .....	180
4.3 陕西煤制芳烃深加工产业发展路径优化 .....	182
4.3.1 产业结构调整优化路径 .....	182
4.3.2 企业整合培育引进路径 .....	185
4.3.3 创新人才培养路径 .....	188
4.3.4 技术创新引进提升路径-技术创新方向 .....	195
4.3.5 专利布局协同运用路径 .....	196

陕西省知识产权局

## 第一章 产业概况

在我国“富煤、缺油、少气”的能源资源特点及下游石化产品消费持续旺盛的双重推动下，我国现代煤化工产业快速发展，已成为石油化工的重要补充。煤制烯烃（芳烃）作为现代煤化工领域重要组成部分之一，近年来技术推广及产业发展迅速，产品市场份额不断扩大，经济效率与产能快速增长，同时甲醇是现代煤化工的重要产品和中间体，产能严重过剩<sup>[1]</sup>，因此由煤经甲醇制烯烃（芳烃）已成为发展现代煤化工产业的必然选择。

煤制烯烃与煤制芳烃产业链上游相同，主要为煤制甲醇，中游甲醇制烯烃，主要包含乙烯、丙烯的制备，制芳烃主要为“三苯”（苯、甲苯、二甲苯）的制备，下游产品种类较多，但烯烃以聚烯烃（聚乙烯、聚丙烯）的制备为主，芳烃以对二甲苯、苯乙烯以及对苯二甲酸等产品制备为主。

### 1.1 煤制烯烃深加工

#### 1.1.1 产业链

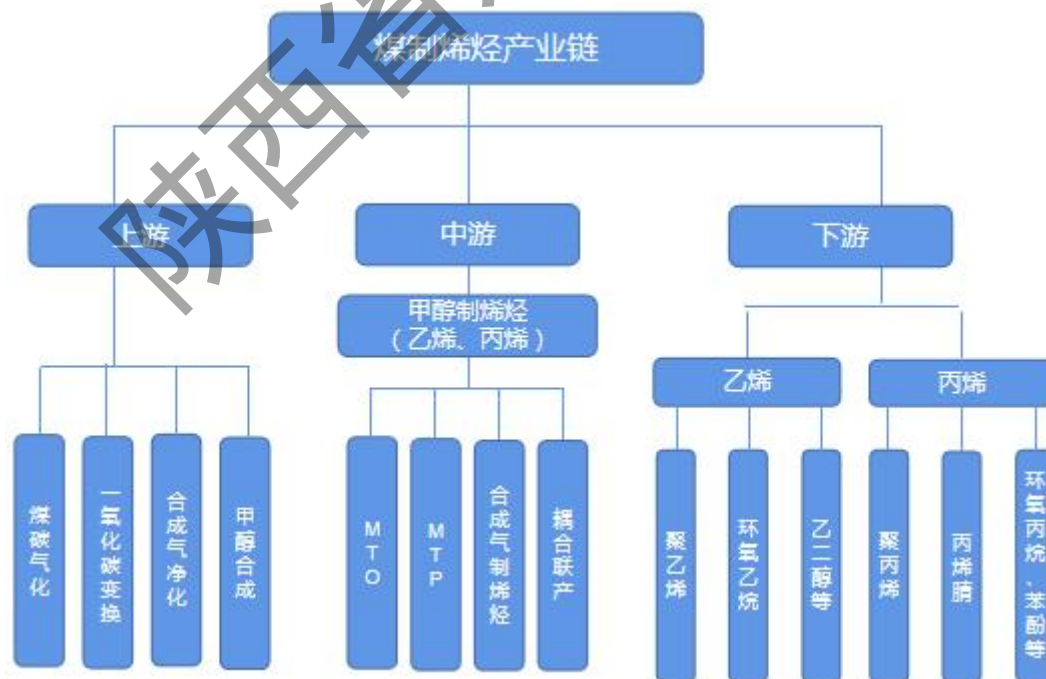


图 1-1 煤制烯烃深加工产业链

煤制烯烃是目前我国生产烯烃的重要工艺技术之一，以煤为原料通过气化、变换、净化、合成等过程首先生产甲醇，再用甲醇生产烯烃（乙烯+丙烯），进而生产聚烯烃（聚乙烯、聚丙烯）等下游产品。工艺流程如图 1-2 所示。

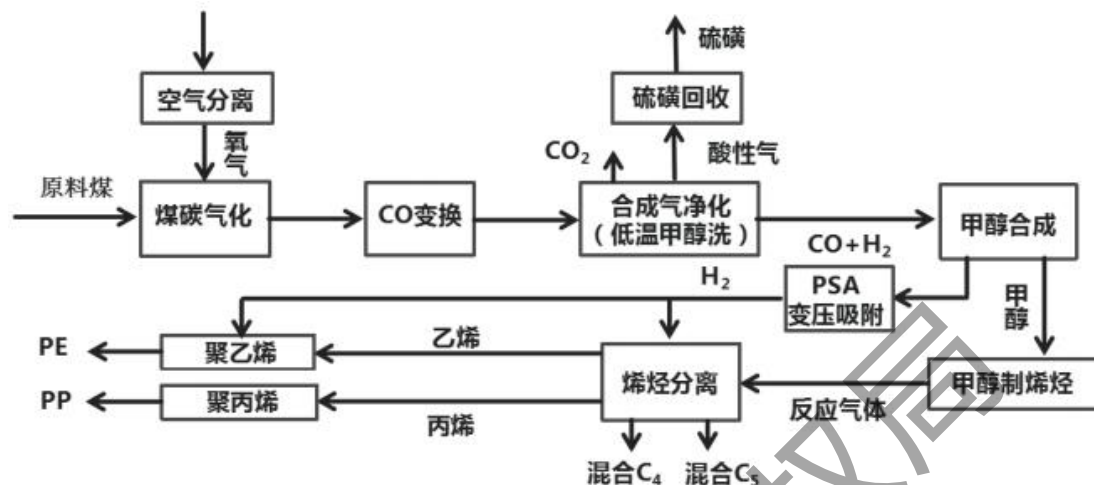


图 1-2 煤制烯烃深加工工艺流程

煤制甲醇、烯烃聚合制聚烯烃均为传统的成熟技术，而甲醇制烯烃则是近年来开发成功的新技术，也是煤制烯烃的核心技术环节。甲醇制烯烃的基本反应过程是甲醇首先脱水为二甲醚（DME），二甲醚再脱水生成低碳烯烃（乙烯、丙烯），少量低碳烯烃以缩聚、环化、烷基化、氢转移等反应生成饱和烃、芳烃及高级烯烃等。

目前甲醇制烯烃主要有 MTO 技术和 MTP 技术两种。MTO 技术是将甲醇转化为乙烯和丙烯混合物的工艺，除了生成乙烯、丙烯外，还有丁烯等副产物；MTP 技术是将甲醇主要转化成丙烯的工艺，除了生成丙烯外，还有乙烯、液化石油气（LPG）、石脑油等产物。

### 1.1.2 典型技术

由 UOP（美国公司）和 Hydro（挪威公司）共同开发的 UOP/Hydro MTO 工艺，德国 Lurgi 公司的 MTP 工艺，中国科学院大连化学物理研究所的 DMT0 工艺，中国石化上海石油化工研究院的 SMT0 工艺，神华集团 SHMT0 工艺，清华大学的循环流化床甲醇制丙烯（FMTP）工艺等。

#### （1）UOP/Hydro MTO 工艺

该工艺以粗甲醇或产品级甲醇为原料生产聚合级乙烯/丙烯，反应采用流化

床反应器，反应温度为  $400\sim 500^{\circ}\text{C}$ ，压力为  $0.1\sim 0.3\text{MPa}$ ，乙烯+丙烯选择性可达 80%，乙烯和丙烯的摩尔比可为  $0.75\sim 1.50$ ；其催化剂型号为 MT0-100，主要成分是 SAPO-34（硅、铝、磷）。为提高产品气中乙烯和丙烯的收率，UOP 公司开发了将甲醇制烯烃工艺与 C4、C5 烯烃催化裂解工艺（olefinscrackingprocess, OCP）进行耦合的技术，其双烯（乙烯+丙烯）选择性可高达  $85\sim 90\%$ ，并可在较大范围内调节乙烯/丙烯比<sup>[1-2]</sup>。2008 年，UOP 与 Total 公司合作，在比利时费鲁建立了 MT0 和 OCP 工艺联用的甲醇制烯烃一体化示范工程项目，项目甲醇处理量为  $10\text{t/d}$ ，验证了其一体化工艺流程和放大到百万吨级工业化规模的可靠性<sup>[3]</sup>。

2011 年，惠生（南京）清洁能源股份有限公司取得 UOP 公司授权，建设产能 29.5 万吨/年烯烃的甲醇制烯烃工业化装置，于 2013 年 9 月首次成功开车，并产出合格产品。继之，UOP 公司相继授权建设山东阳煤恒通化工股份有限公司（30 万吨/年）、久泰能源公司（60 万吨/年）和江苏斯尔邦石化有限公司（82 万吨/年）、吉林康乃尔公司（60 万吨/年）4 个甲醇制烯烃项目，前两个项目分别于 2015 年 6 月和 2019 年 1 月建成投产，后两个项目正在建设之中。2018 年 1 月，UOP 公司在江苏省张家港市的 MT0 催化剂生产厂建成投产，将进一步满足中国市场煤制烯烃装置对 MT0 催化剂的需求<sup>[4]</sup>。

## （2）Lurgi MTP 工艺

德国鲁奇（Lurgi）公司从 1996 年开始研发 MTP 工艺，使用德国南方化学公司（Sudchemie）的沸石基改性 ZSM-5 催化剂，该催化剂具有较高的低碳烯烃选择性；2004 年 5 月，其甲醇处理能力  $360\text{kg/d}$  的工业示范试验取得成功。该工艺由 3 台固定床反应器组成（2 台运行、1 台备用），每台反应器有 6 个催化剂床层，但实质上其反应器有两种形式可供选择，即固定床反应器（只生产丙烯）和流化床反应器（可联产乙烯/丙烯）。通常生产过程中，LurgiMTP 工艺的目的产品是丙烯，首先甲醇脱水转化为二甲醚，然后二甲醚、甲醇和水进入第一台 MTP 反应器，反应在  $400\sim 450^{\circ}\text{C}$ 、 $0.13\sim 0.16\text{MPa}$  下进行，甲醇和二甲醚的转化率为 98.99% 以上，丙烯为主要产品，也副产部分乙烯、LPG 和汽油产品；同时，设置第 2 台和第 3 台 MTP 反应器，以获得更高的丙烯收率（达到 71%）<sup>[5-6]</sup>。

2010 年 12 月，采用鲁奇 MTP 技术的神华宁煤 50 万吨/年煤基聚丙烯项目打

通全流程，并于 2011 年 4 月产出合格聚丙烯产品，首次实现 MTP 技术在我国推广应用。2011 年 9 月，采用鲁奇 MTP 技术的我国大唐多伦 46 万吨/年煤基甲醇制丙烯项目建成投产，2012 年 3 月首批优级聚丙烯产品成功下线。2014 年 8 月，采用鲁奇 MTP 技术的神华宁煤 50 万吨/年 MTP 二期项目打通全流程<sup>[7]</sup>。神华宁煤在全球享有鲁奇 MTP 技术 15% 的专利许可权益，通过技术自主创新实现了 MTP 催化剂的国产化开发与工业应用，现已开发出 MTP 工艺第二代低成本高性能多级孔道 ZSM-5 分子筛催化剂<sup>[8]</sup>。

### （3）中国科学院大连化学物理研究所 DMT0 工艺

中国科学院大连化学物理研究所（简称大连化物所）在 20 世纪 80 年代开始进行 MT0 研究工作，90 年代初在国际上首创“合成气经二甲醚制取低碳烯烃新工艺方法（简称 SDT0 法）”<sup>[9]</sup>。该工艺由两段反应构成，第一段反应是合成气在以金属-沸石双功能催化剂上高选择性地转化为二甲醚，第二段反应是二甲醚在 SAPO-34 分子筛催化剂上高选择性地转化为乙烯、丙烯等低碳烯烃，之后通过技术攻关简化为合成气经甲醇直接制取烯烃，采用 SAPO-34 分子筛催化剂，在密相床循环流化床反应器上实现甲醇到烯烃的催化转化，其催化剂牌号包括 D0123 系列（主产乙烯）和 D0300 系列（主产丙烯）。2004 年，大连化物所、陕西新兴煤化工科技发展有限公司和中国石化洛阳石化工程公司合作，进行了 DMT0 成套工业技术的开发，建成万吨级甲醇制烯烃工业试验装置，于 2006 年完成工业试验，甲醇转化率近 100%，C=2~C=4 选择性达 90% 以上<sup>[10]</sup>。2010 年 8 月，采用 DMT0 工艺的全球首套百万吨级工业化装置——神华集团内蒙古包头煤制烯烃项目建成投运。该项目包括 180 万吨/年煤基甲醇装置、60 万吨/年聚烯烃（聚乙烯、聚丙烯）联合石化装置，甲醇转化率达到 99.9% 以上，乙烯+丙烯选择性达到 80% 以上，产品符合聚合级烯烃产品规格要求。具体工艺流程图见文献<sup>[10]</sup>。

在 DMT0 工艺基础上，大连化物所进一步开发了 DMT0-II 工艺。该工艺增加了 C4 以上重组分裂解单元，即将烯烃分离单元产出的 C4 及 C4 以上组分进入裂解反应器，裂解反应器采用流化床反应器，催化裂解单元使用催化剂与甲醇转化所用催化剂相同，在流化床反应器内，实现 C4+ 组分的催化裂解，生成以乙烯、丙烯为主的混合烃产品。所得混合烃与甲醇转化产品气混合，进入分离系统进行



分离。通过增加裂解单元，可将乙烯、丙烯收率由 80% 提高到 85% 左右，使 1t 轻质烯烃的甲醇单耗由 3t 降低到 2.6~2.7t，双烯收率较 DMT0 工艺提高 10%<sup>[11-12]</sup>。该工艺 C<sub>4</sub>+ 转化反应和甲醇转化反应使用同一催化剂，甲醇转化和 C<sub>4</sub>+ 转化系统均采用流化床工艺，实现了甲醇转化和 C<sub>4</sub>+ 转化系统相互耦合。2014 年 12 月，DMT0-II 工业示范装置在陕西蒲城清洁能源化工有限公司开车成功，生产出聚合级丙烯和乙烯<sup>[13]</sup>。此外，甘肃平凉华泓汇金煤化工有限公司也将在其 70 万吨/年烯烃项目中采用 DMT0-II 技术。近年来，DMT0 技术已在国内二十多套装置得到工业应用和技术许可，合计烯烃产能超过 1000 万吨/年。在 DMT0-II 技术基础上，大连化物所正积极研究 DMT0-III 技术，以便将 DMT0 单套装置处理能力从现有的 180 万吨/年的水平提高到 300 万吨/年以上，并且单程甲醇转化率和烯烃选择性不低于 DMT0-II 技术。该所已于 2019 年完成 DMT0-III 技术催化剂研制工作、反应工艺的实验室中试放大工作<sup>[9]</sup>，目前正在编制百万吨级工艺包。

#### （4）中国石化 SMT0 工艺

中国石化上海石油化工研究院于 2000 年开始 MTO 技术研发。2007 年，该院与中国石化工程建设公司合作开发出 SMT0 成套技术，并在北京燕山石化建成 100t/d 的 SMT0 工业试验装置。该技术采用自主研发的 SMT0-1 催化剂，甲醇转化率大于 99.5%，乙烯+丙烯的选择性大于 81%，乙烯+丙烯+丁烯的选择性大于 91%<sup>[12]</sup>。2008 年该院完成了甲醇年进料 180 万吨 SMT0 工艺包开发。2011 年 10 月，采用 SMT0 工艺的中原石化甲醇制烯烃示范项目一次开车成功，装置规模为年加工甲醇 60 万吨，生产 10 万吨聚乙烯、10 万吨聚丙烯。2011 年 10 月，中天合创煤制烯烃煤炭深加工示范项目打通全流程，产出合格聚乙烯、聚丙烯，该项目位于内蒙古鄂尔多斯，采用 GE 水煤浆气化技术及 SMT0 技术，主要包括 360 万吨/年甲醇、2×180 万吨/年甲醇制烯烃、67 万吨/年聚乙烯、70 万吨/年聚丙烯，是目前世界最大的煤制烯烃项目<sup>[14]</sup>。2017 年 1 月，位于安徽淮南的中安联合煤化一体化项目复工，该项目采用中国石化单喷嘴干粉煤气化炉（SE 炉）及 SMT0 技术，分两期进行，一期工程建设 170 万吨/年煤制甲醇及转化烯烃和衍生产品。此外，采用 SMT0 工艺的还有河南鹤壁 60 万吨/年、贵州织金 60 万吨/年煤制烯烃等项目。SMT0 技术的工业化应用结果表明，其乙烯选择性为 42.10%，

丙烯选择性为 37.93%，C<sub>2</sub>~C<sub>4</sub> 选择性 89.87%，甲醇转化率 99.91%，甲醇单耗 2.92t/t，生焦率 1.74%。

#### （5）神华集团 SHMT0 工艺

2010 年，世界首套大型工业化甲醇制烯烃装置（采用 DMT0 技术）在神华包头一次投料试车成功后，神华集团通过该示范装置的工业化运营过程中积累的丰富经验，进行了大量新工艺与技术的开发，包括 MTO 新型催化剂（SMC-1）的开发、MTO 新工艺的开发，于 2012 年成功研发了新型甲醇制烯烃催化剂 SMC-1，并将其用于包头 MTO 装置。同年，神华集团申请了甲醇转化为低碳烯烃的装置及方法的专利，并完成了 180 万吨/年新型甲醇制烯烃（SHMT0）工艺包的开发。2012 年 9 月，采用 SHMT0 工艺的神华新疆甘泉堡 180 万吨/年甲醇制 68 万吨/年烯烃项目投料试车成功，该装置工业化运行效果表明，其乙烯选择性为 40.98%，丙烯选择性为 39.38%，C<sub>2</sub>~C<sub>4</sub> 选择性 90.58%，转化率 99.70%，生焦率 2.15%<sup>[12]</sup>。

#### （6）清华大学 FMTP 工艺

由清华大学、中国化学工程集团公司、淮化集团联合开发的流化床甲醇制丙烯工艺（简称 FMTP 工艺），2009 年 10 月在安徽淮化集团完成工业试验，采用 SAPO-18/34 分子筛催化剂和流化床反应器，其甲醇进料量 4250kg/h，甲醇转化率 99.9%，产物中丙烯/乙烯比例 1.18:1，乙烯+丙烯选择性达到 70.6%<sup>[16]</sup>。FMTP 工艺总体而言是对 MTP 工艺的改进，可将丙烯/乙烯比例从 1.2:1 调节到 1:0（全丙烯产出）。利用该技术生产以丙烯为主的烯烃产品，双烯（乙烯+丙烯）总收率可达 88%，原料甲醇消耗为 2.62t/t 双烯。采用 FMTP 技术，甘肃平凉华亭煤业集团正在建设我国第一套流化床甲醇制丙烯装置，该项目年消耗甲醇 60 万吨，年产聚丙烯 16 万吨，液化气 1.9 万吨，丙烷 2.1 万吨，汽油 1.4 万吨，燃料气 0.8 万吨，甲基叔丁基醚（MTBE）2.8 万吨。

## 1.2 煤制芳烃深加工

芳烃是重要的基础有机化工原料，主要用于生产化纤、树脂等材料，广泛应用于服装、燃料、医药等领域。芳烃中最主要的成分为“三苯”，即苯、甲苯、二甲苯。其中需求量最大的物质之一是对二甲苯（PX），主要用于制备精对苯二

甲酸（PTA），再与乙二醇反应生成聚对苯二甲酸乙二醇酯（聚酯、PET），主要应用于纤维、瓶、膜等领域。

### 1.2.1 产业链



图 1-3 煤制芳烃深加工产业链

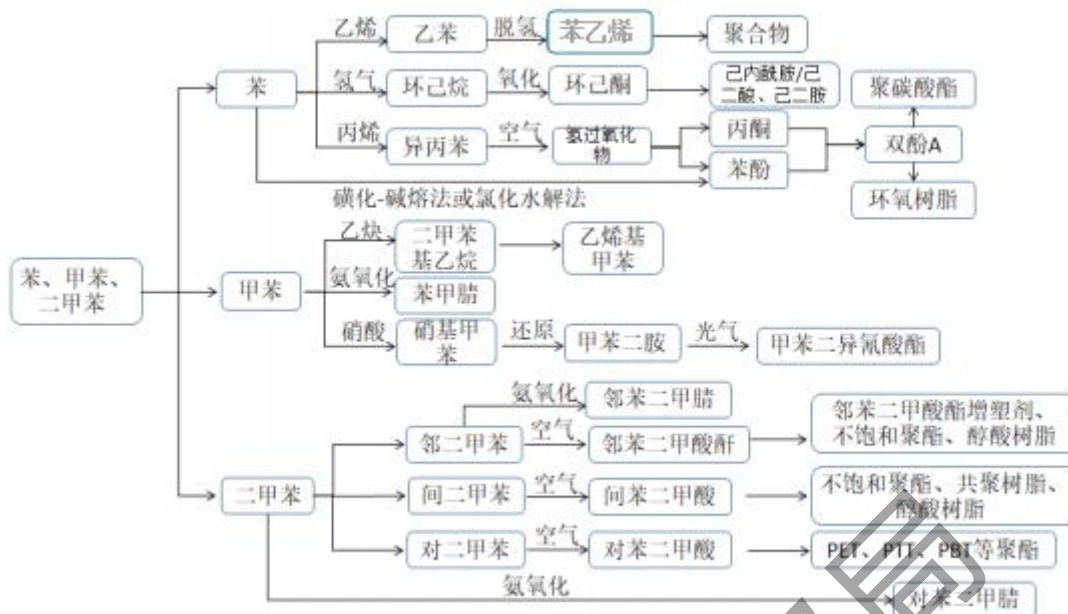


图 1-4 苯、甲苯、二甲苯转换流程图

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。

在煤制芳烃工艺过程中，煤制甲醇和芳烃分离转化均属于成熟技术，煤制芳烃技术的关键技术环节在于甲醇制芳烃，其反应机理主要包括三个关键步骤：甲醇脱水生成二甲醚，甲醇或二甲醚脱水生成烯烃，烯烃经聚合、烷基化、裂解、异构化、环化、氢转移等过程转化为芳烃和烷烃。

### 1.2.2 典型技术

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。

#### (1) 固定床甲醇制芳烃技术

##### ① 中科院山西煤化所（MTA）技术

中科院山西煤化所在 2006 年完成固定床甲醇制芳烃（MTA）技术的催化剂筛选评价和反复再生实验室研究，催化剂单程寿命大于 20d，总寿命大于 8000h。2007 年，山西煤化所与赛鼎工程有限公司合作开展 MTA 技术的工业试验设计，采用固定床反应器，以甲醇为原料，以改性 ZSM-5 分子筛 MoHZSM-5（离子交换）为催化剂，在温度 380~420℃、常压、空速 1h<sup>-1</sup> 条件下，催化转化为以混合芳

烃 BTX（苯、甲苯、二甲苯）为主的产物，再经冷却分离将气相产物低碳烃与液相产物 C5+烃分离，液相产物 C5+烃经萃取分离，得到芳烃和非芳烃。该技术甲醇转化率大于 99%，液相产物选择性大于 33%，气相产物选择性小于 10%，液相产物中芳烃体积分数大于 60%。2016 年 1 月，采用山西煤化所、赛鼎工程公司的固定床甲醇制芳烃技术，陕西宝氮化工集团建成投运 10 万 t/a 甲醇制芳烃项目，装置实现平稳运行。该项目产品结构为轻芳烃 10 万 t/a、重芳烃（均四甲苯）1.1 万 t/a、液化石油气（LPG）1.4 万 t/a，产品无铅、无硫、低苯，辛烷值高，品质好，生产过程节能、环保，并实现废水循环利用<sup>[17]</sup>。

### ②美国 Mobil 公司 MTA 技术

20 世纪 70 年代，美国 Mobil 公司开始进行甲醇制芳烃的研究，该研究最初来源于甲醇制汽油（MTG）技术。20 世纪 80 年代 Mobil 公司研究发现，以甲醇为原料，改性 ZSM-5 分子筛催化剂对于芳烃选择性较高<sup>[1]</sup>。Mobil 公司以 ZSM-5 分子筛为催化剂，采用固定床反应器，可达到甲醇转化率 96%，单程芳烃收率 37.1%，其中二甲苯质量分数 57%<sup>[6]</sup>的技术指标。随后 Mobil 公司对该技术进行一系列改进<sup>[7-8]</sup>，并对 MTG 工艺进行了工业化。

### ③沙特基础工业公司 MTA 技术

国外进行 MTA 研究的还有沙特基础工业公司<sup>[9]</sup>。其以改性 ZSM-5 分子筛为催化剂，采用固定床反应器，最终可达到总芳烃收率 9%~19%，BTX 选择性 70%~80%，BTX 产率 7%~14%的技术指标。该技术 BTX 产率较低。

## （2）循环流化床甲醇制芳烃技术

由于甲醇转化为芳烃的反应是强放热反应，催化剂因积炭致使其活性衰减很快。为了保证反应热的及时转移和催化剂的烧焦再生，可利用流化床反应器，在催化剂作用下实现甲醇制芳烃<sup>[18]</sup>。

清华大学于 2010 年在国际上首次发表了以流化床甲醇制芳烃（FMTA）工艺技术，包括连续两段流化床反应—再生、中低温冷却及变压吸附—轻烃回炼、液相芳烃非清晰分离—苯/甲苯回炼。2011—2013 年，清华大学与中国华电集团公司合作，共同建设运行 3 万 t/a 流化床甲醇制芳烃工业化试验装置，装置包括 1

台甲醇制芳烃循环流化床反应器和 1 台轻烃芳构化反应器，以改性 ZSM-5 为催化剂，在压力 0.1MPa、反应温度 450℃的工艺条件下进行芳构化反应。试验装置连续运行 443h，运行结果表明：甲醇转化率接近 100%，芳烃基收率为 74.47%，1t 混合芳烃的甲醇单耗为 3.07t。2013—2014 年，清华大学、中国石油华东设计院联合开发出 60 万 t/a 流化床甲醇制芳烃工艺包，为技术下一步的工业化和商业化推广奠定了基础<sup>[19]</sup>。



图 1-5 180 万 t/a 甲醇制 55.5 万 t/aPX 方案

2014 年 4 月，中国华电集团提出概算总投资 330 亿元的全球首套煤经甲醇制芳烃工业化示范项目——360 万 t/a 煤制甲醇、120 万 t/a 流化床甲醇制芳烃、110 万 t/a 芳烃联合、170 万 t/a PTA、60 万 t/a 聚酯上下游一体化的项目规划。其一期项目拟在陕西榆林市榆横煤化工园区建设，主要包括 120 万 t/a 煤制甲醇（此外每年外购 60 万 t 甲醇）、60 万 t/a 甲醇制混合芳烃、55.5 万 t/a PX、80 万 t/a PTA 装置。但由于多种原因，该项目工程建设并未实质性启动。

FMTA 工艺实现工业化后，可望形成煤炭清洁利用和甲醇、PX、PTA 等中间产品生产与聚酯合成的上下游一体化产业链，生产过程中产生氢气和蒸汽实现循环利用，技术集成优势明显，而且副产干气回收增产甲醇，工艺水处理后作为循环水补水，资源、能源均得到合理利用。

### （3）其他生产芳烃新技术研发现状

#### ① 甲苯甲醇甲基化制 $C_8^+$ 芳烃技术

中国石化上海石油化工研究院于 2009 年立项开展甲苯甲醇甲基化（MTX）技术研究，其采用 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO 以及 La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO 复合改性的 HZSM-5 分子筛，利用水蒸气钝化处理催化剂，有效提高了产物中 PX 的选择性。最终 PX 选择性超过 94%，甲苯转化率接近 20%，理论上每生产 1tPX 只需要消耗 1t 甲苯<sup>[20]</sup>。2012 年 12 月，该院和扬子石化、洛阳工程公司共同完成的首套 20 万 t/a 甲苯甲醇甲基化工业装置在扬子石化完成工业试验。该项目年加工甲苯 20 万 t、年产 C<sub>8</sub>+芳烃 24 万

t, 甲醇转化率 100%, 二甲苯选择性大于 80%。2014 年 6 月, 该项目通过了中国石化科技部组织的技术鉴定, 形成了具有自主知识产权的 MTX 成套技术。

#### ② 甲醇甲苯制 PX 联产低碳烯烃技术

中科院大连化学物理研究所与陕西煤化工技术工程中心共同开发了甲醇甲苯制 PX 联产低碳烯烃 (TMTA) 技术, 研制出性能优异的甲苯甲醇制 PX 联产烯烃流化床专用催化剂, 并完成了工业放大制备。2012 年 7 月在陕西华县完成了百吨级中试研究。该技术可对 PX 和低碳烯烃比例进行灵活调节, 甲苯转化率 24.4%, 甲醇转化率 83.0%, 二甲苯中 PX 选择性 93.2%<sup>[21]</sup>。2013 年 11 月, 陕西煤化工技术工程中心、中国海油惠州炼化与中国石化洛阳工程公司签订 20 万 t/a TMTA 工业示范项目技术开发合作协议, 目前该项目正在加快推进。

#### ③ 苯和甲醇烷基化制混合芳烃技术

中国石油乌鲁木齐石化公司 100 万 t/a 芳烃联合装置每年副产 30 万 t 苯。为提高苯产品的附加值, 该公司研究院从 2008 年开始进行苯甲醇烷基化技术研发, 通过苯与廉价的化工原料甲醇烷基化后生产的混合芳烃作为高辛烷值汽油的调和组分, 不仅苯得到充分利用, 也提高了汽油辛烷值。2014 年 5 月, 乌石化苯甲醇烷基化项目研究进入工业放大试验阶段。目前研究人员已完成苯与甲醇烷基化催化剂吨级放大, 并对催化剂进行长周期寿命评价试验<sup>[22]</sup>。

#### ④ 美国 GTC 公司 GT-TolAlk 甲苯甲基化制 PX 技术

美国 GTC 公司在甲苯甲基化方向也进行了开发, 其委托印度石化公司开发甲苯烷基化工艺称为 GT-TolAlk 甲苯甲基化制 PX 技术。该反应以高硅 ZSM-5 分子筛为催化剂, 采用多个多段层式固定床反应器, 以便于实现甲醇分段进料, 提高甲醇的甲基化利用率。同时为了抑制反应积碳和便于催化剂烧碳, 反应过程中配有一定量的 H<sub>2</sub>, 同时多个固定床反应器切换进行反应。反应工况为: 温度 400~450℃, 压力 0.1~0.5MPa, 甲苯与甲醇质量比为 1.35:1。反应技术指标为: 甲苯单程转化率最高可达 40%, 甲醇有效利用率约为 50%, PX 选择性>85%<sup>[23]</sup>。

#### ⑤ 美国 Mobil 公司甲苯甲醇烷基化技术

Mobil 公司于 1972 年开发了 ZSM-5 分子筛, 随后利用 ZSM-5 分子筛催化剂进行了甲苯甲醇烷基化方面的基础研究工作。经过 30 多年研究, 2003 年 Mobil

公司利用硅元素改性的 ZSM-5 催化剂开发了高选择性制 PX 的工艺。反应工况为：温度约 600℃、压力约 0.28MPa，反应配水和 H<sub>2</sub>，甲苯、甲醇、氢、水物质的量比为 2:1:6:6。反应技术指标为：甲苯转化率为 28.4%，甲醇转化率为 98%，PX 选择性约为 96.8%，副产物较少。

#### （4）煤基合成气直接制芳烃技术

合成气一步法制芳烃是在合适的催化剂下将合成气直接催化转化为芳烃。与煤经甲醇制芳烃相比，该技术在降低装置投资和运行费用方面更具潜力。煤基合成气直接制芳烃的催化剂有两类：第一类为 F-T 合成催化剂组分与芳构化催化剂复合而成；第二类为合成甲醇脱水催化剂与芳构化催化剂复合而成。国内研究合成气直接制芳烃技术的主要有南京大学、中科院山西煤化所等单位。南京大学采用 Fe-Mo-ZnZSM-5 催化剂，进行了 60h 的稳定性试验，CO 转化率为 85%~99.7%，芳烃选择性 44%~58%，芳烃产率 34.6%~57.8%，BTX 产率 34.6%~57.8%。山西煤化所采用两段复合床合成气直接芳构化技术，上床层采用合成甲醇催化剂与脱水催化剂复合，下层床采用 SAPO 与 NKF-5 分子筛负载 Zn、Ga 等脱氢组分所构成的复合催化剂，CO 转化率为 75%~85%，总芳烃选择性 84.1%~91.8%，总芳烃产率 60%~72%，BTX 产率 42%~50%。

### 1.3 国内产业区域分布情况



图 1-6 国内重点煤炭基地及四大现代煤化工示范基地分布示意图



宁夏宁东能源化工基地:位于宁夏中东部,自 2003 年开发建设以来,形成了煤炭、电力、煤化工三大主导产业的集群化发展,建成了全球单套装置规模最大的 400 万吨/年煤炭间接液化示范工程、世界首套年产 50 万吨煤制烯烃装置、世界首个 100 万千瓦超临界空冷电站等一批先进技术成果应用项目。

榆林经济技术开发区(榆神工业区):位于榆林市区与神木市区之间,规划面积 1108 平方公里,资源富集,煤炭储量 300 亿吨,区内供水、供电、供热、供气、污水处理及道路网络框架等配套设施基本完善。近年来,开发区先后引进神华、兖矿、延长石油、陕煤化等国内知名企业入驻园区,基本形成了以重大项目为龙头,骨干项目为支撑,各类产业项目协调发展的良好态势,极力打造清水工业园产业基地,配套建设大保当后勤服务基地,形成产城一体格局。

鄂尔多斯大路煤化工基地:2008 年经自治区人民政府正式批准成立,位于准格尔旗东北部,始建于 2004 年,规划建设面积 170 平方公里,分“一区二基地”,水、电、路、讯等各项基础设施基本建设完毕。其中,南工业基地规划为煤化工基地,面积 78 平方公里,重点发展煤制油、煤制气、煤制甲醇、二甲醚、煤制烯烃、煤制乙二醇等煤化工及下游精细化工产业。

新疆准东经济技术开发区:位于昌吉州境内,规划总面积 1.55 万平方公里。预测煤炭资源储量 3900 亿吨,煤炭资源品质优良,煤层厚、易开采,是良好的动力和化工用煤,具备建设亿吨级煤炭生产和深加工基地的条件。其中现代煤化工产业方面,完成投资 256 亿元,建成新疆宜化、国泰新华 2 家化工产业园,已规划形成煤制烯烃、乙二醇、1,4 丁二醇(BDO)等 8 条精细化工下游产业链。推进 5 个煤制天然气示范项目建设。

## 1.4 产能与市场供需关系

表 1-1 2018—2020 年新增煤(甲醇)制烯烃装置统计

企业名称	产能/ $\text{kt} \cdot \text{a}^{-1}$	投产时间
鲁西化工	30	2018 年
吉林康乃尔	30	2018 年
延长延安能化	60	2018 年
久泰能源	60	2018 年

企业名称	产能/ $\text{kt} \cdot \text{a}^{-1}$	投产时间
甘肃华庭	20	2018年
山西焦化	60	2018年
中安联合	70	2018年
宁夏宝丰（二期）	60	2018年
延长中煤	60	2019年
神华包头（二期）	75	2019年
南京诚志	60	2019年
贵州织金	60	2020年
中沙合资	70	2020年
铜煤广发	60	2020年
天津渤化永利	60	2020年

根据《石油和化学工业“十三五”发展指南》要求，“十三五”期间中国要加快现有乙烯装置的升级改造，目前已建和在建煤制烯烃项目见表 1-2。2018-2020 年随着东北康乃尔、山东鲁西化工、南京诚志、青海镁业和安徽昊源等 MTO/DMTO 装置的计划投产，后期 3-5 年我国甲醇制烯烃装置总体产能有望继续提升至 2100 万吨左右。

表 1-2 煤（甲醇）制烯烃已建和在建煤制烯烃项目

企业	项目地址	产能/ $\text{kt} \cdot \text{a}^{-1}$	工艺技术
中安联合煤化	安徽淮南	60	S-MTO
中天合创能源	鄂尔多斯	$65 \times 2$	S-MTO
中电投/道达尔	鄂尔多斯	80	MTO
神华陶氏	陕西榆林	220	MTO
神华新疆煤基新材料	乌鲁木齐	68	DMTO
山西焦煤山西焦化	山西洪洞	60	MTO
同煤集团	山西大同	60	DMTO
延长中煤榆林能化	陕西榆林	60	DMTO
久泰能源	鄂尔多斯	60	MTO
南京诚志	南京	60	MTO
吉林康奈尔化学公司	吉林	60	MTO
神华包头	内蒙古包头	60	DMTO

表 1-3 陕西地区煤制烯烃项目建设情况

企业	地区	投资额（亿元）
蒲城清洁能源化工有限责任公司	渭南市蒲城	197.8
陕西彬长矿业集团	咸阳市彬长	210.00
延长石油集团	延安市富县	219.00
兖州煤业集团	榆林市	81.00
中煤陕西榆林能源化工有限公司	榆林市靖边县	638.00
神华集团陶氏榆林	榆林市神木县	110.57
陕西中化益业能源投资有限公司	榆林市榆横煤化学工业区	155.00
榆林神华能源化工有限公司	榆林市	124.00

煤制芳烃是继煤制油、煤制烯烃、煤制天然气、煤制乙二醇之后，在我国发展起来的又一重要现代煤化工技术。发展煤制芳烃符合我国化石资源禀赋特点，煤制芳烃是对石油芳烃的重要补充，是减少我国PX进口量、满足国内聚酯产业快速发展需求的重要途径。目前已建和在建煤制芳烃项目见表1-3。

表 1-4 已建和在建煤制芳烃项目

项目名称	项目地址	产能/ $\text{kt} \cdot \text{a}^{-1}$	工艺
陕西华电榆横煤制芳烃示范项目	陕西华电榆横煤化工有限公司	120	FMTA
内蒙古庆华集团 10 万吨甲醇制芳烃项目	内蒙古庆华集团有限公司	8.75	MTA
煤制芳烃联产烯烃项目	宁夏庆华煤化集团有限公司	40	MTA
新疆中基石油化工年产 4 万吨甲醇制芳烃项目	新疆中基石油化工有限公司	4	甲醇合成芳烃技术
新疆新业能源化工 10 万吨/年甲醇制混合芳烃项目	新疆新业能源化工有限公司	10	“一步法”工艺
唐山境界实业年产 220 万吨甲醇制芳烃项目	唐山境界实业有限公司	220	“一步法甲醇制高清洁燃料”工艺
河南盛润 60 万吨甲醇制芳烃	河南盛润控股集团有限公司	60	FMTA
宝泰隆拟在榆林建设 30 万吨/年甲醇制芳烃项目	宝泰隆新材料股份有限公司	30	FMTA
蒙华能源有限公司 10 万吨/年甲醇制芳烃项目	蒙华能源有限公司	10	MTA
陕西宝氮 10 万吨/年甲醇制芳烃项目	陕西宝氮化工集团	10	MTA

## 1.5 相关政策

### 1.5.1 国家现代煤化工产业政策历程

煤炭是我国能源供应体系的重要组成部分，是我国能源消耗的最主要的动力来源。根据我国国民经济“九五”计划至“十四五”规划，国家对煤化工行业的支持政策经历了从“大力发展”到“绿色发展”的变化。

“九五”计划(1996-2000年)时期，国家层面提倡：大力发展煤化工行业，要大力加强工艺、技术和装备的自主开发，提高在国内外市场上的竞争能力。到“十四五”时期，根据《“十四五”规划和2035年远景目标纲要》，推动煤炭等化石能源清洁高效利用，适度发展煤化工成为“十四五”时期的发展方针。



图 1-6 中国国民经济规划—煤化工政策的演变

### 1.5.2 国家层面煤化工行业政策汇总

我国的煤炭资源较为丰富，资源储备相对集中。在煤炭的供应情况上，由于发电用煤的需求较大，对环境造成了一定的影响。因此国家为了发展解决煤炭消耗问题，大力发展煤炭深度加工产业，煤化工的发展也随着政策的推行不断前行。

表 1-5 截止 2021 年国家层面有关煤化工行业的政策重点内容

时间	政策	重点内容解读	政策性质
2017/1/1	《能源发展“十三五”规划》	有关煤化工发展的内容可以归纳为四点：控制产能，升级示范，发展技术，建设重点。控制产能方面，“规划”提出“十三五”期间，煤制油、煤制天然气生产能力达到 1300 万吨和 170 亿立方米左右	支持类
2017/1/25	《关于加强分类引导培育资源型城市转型发展新动能的指导意见》	加强资源就地转化能力建设，将资源优势转变为产业优势，鼓励有条件的地方，推进“探矿、采矿、选矿、冶炼、加工”五位一体化发展，延伸资源产业链条。按照技术更先进、产品更高端、生产更高效的原则，发展资源精深加工产业，推动石油炼化一体化、煤电一体化发展，有序发展现代煤化工，提高钢铁、有色金属深加工水平	支持类
2017/2/1	《煤炭深加工产业示范“十三五”规划》	提出以国家能源战略技术储备和产能储备为重点，在水资源有保障、生态环境可承受的地区，开展煤化工相关项目，发挥煤炭的原料功能，在晋东、云贵、宁东、陕北、神东等基地开展煤制油项目	支持类
2017/3/1	《现代煤化工产业创新发展布局方案》	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。同时提出现代煤化工与电力、石油化工、冶金建材、化纤、盐化工等产业融合发展	支持类

时间	政策	重点内容解读	政策性质
2017/4/26	《关于印发“能源生产和消费革命战略（2016—2030）”的通知》	按照严格的节水、节能和环保要求，结合生态环境和水资源承载能力，适度推进煤炭向深加工方向转变，探索清洁高效的现代煤化工发展新途径，适时开展现代煤化工基地规划布局，提高石油替代应急保障能力。做好节水环保高转化率煤化工技术示范	支持类
2017/9/11	《关于支持山西省进一步深化改革促进资源型经济转型发展的意见》	加快推进煤炭清洁高效利用，推动焦化、煤化工等重点领域实施清洁生产技术改造；坚持煤电结合、煤运结合、煤化结合，鼓励煤炭、电力、运输、煤化工等产业链上下游企业进行重组或交叉持股，打造全企业链竞争优势；依托山西省要素资源优势，实施现代煤化工升级示范工程。开展“煤—电—铝—材”一体化改革试点，推动铝工业转型升级	支持类

表 1-6 有关煤化工其他政策解读

时间	政策	重点内容解读	政策性质
2017/12/5	《关于促进石化产业绿色发展的指导意见》	打造一批化工类国家新型工业化产业示范基地、形成若干个世界一流水平的石化产业基地、现代煤化工产业示范区；以石油化工产品能力补充为重点，结合大型煤炭基地开发，采取产业园区化、装置大型化、产品多元化的方式，规划布局现代煤化工产业示范	支持类

时间	政策	重点内容解读	政策性质
2017/12/19	《关于进一步推进煤炭企业兼并重组转型升级的意见》	支持煤炭与煤化工企业兼并重组。鼓励煤炭与煤化工企业根据市场需要出发实施兼并重组，有序发展现代煤化工，促进煤炭就地转化，发展高科技含量、高附加值产品。实现煤炭原料上下游企业的有机融合，增强企业相互带动作用。	支持类
2018/2/1	《2018 年能源工作指导意见》	提出推进煤矿企业兼并重组和煤电、煤运、煤化工上下游产业融合，提高抵御市场风险能力。加强化解煤炭过剩产能和建设先进产能的统筹，实现煤炭供需动态平衡，保持价格稳定。	支持类
2017/3/1	《现代煤化工产业创新发展布局方案》	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。同时提出现代煤化工与电力、石油化工、冶金建材、化纤、盐化工等产业融合发展	支持类
2019/5/23	《关于印发“工业节能诊断服务行动计划”的通知》	石化化工行业分析先进煤气化技术，以及炼化、煤化工、电石、硫酸、炭黑等行业中低品位余热高效回收技术应用潜力。	支持类
2021/3/24	《石化化工行业鼓励推广应用的技术和产品目录公示》	鼓励推广应用的技术和产品目录中包括高效高可靠多极化工离心泵关键技术、大型气流床气化技术、基于界面调控和粒径优化的分散稳定技术、煤基合成气制乙二醇工程技术、大规模低阶煤管式间接干燥工艺技术与装备等	支持类

### 1.5.3 煤化工相关环保政策解读

煤化工的发展固然给煤炭提供了更高的附加值，但同时也给我国带来了一定的环境污染，由于煤化工生产工业和技术的特性，在废气排放和废水处理都需要更多的产业配套措施。因此，国家为了煤化工产业健康有序的发展，也相应的出台了一系列针对煤化工的环保政策。

表 1-7 有关煤化工环保的政策解读

时间	政策	重点内容解读
2013/5/24	《关于推动碳捕集、利用和封存试验示范的通知》	鼓励在煤化工、油气等行业开展针对高纯度二氧化碳排放源进行捕集的示范项目；进一步明确政策需求和导向，引导相关行业在中长期规划中充分考虑二氧化碳捕集、利用和封存的要求和部署
2013/12/23	《关于石化和化学工业节能减排的指导意见》	重点做好石油化工、煤化工、农药、燃料等污染物排放量较大子行业的污染防治。在合成氨、甲醇、电石、乙烯和新型煤化工等重点碳排放子行业中开展碳捕集和封存的示范项目。
2016/12/5	《关于印发“十三五”生态环境保护规划的通知》	黄河流域重点控制煤化工、石化企业排放，持续改善汾河、涑水河、总排干、大黑河、乌梁素海、湟水河等支流水质，降低中上游水环境风险；开展石化企业挥发性有机物治理，实施有机化工园区、医药化工园区及煤化工基地挥发性有机物综合整治，推进加油站、油罐车、储油库油气回收及综合治理。
2017/7/27	《关于加强长江经济带工业绿色发展的指导意见》	实施能效提升计划。推动长江经济带煤炭消耗量大的城市实施煤炭清洁高效利用行动计划，以焦化、煤化工、工业锅炉、工业炉窑等领域为重点，提升技术装备水平、优化产品结构、加强产业融合，综合提升区域煤炭高效清洁利用水平，实现减煤、控煤、防治大气污染。



时间	政策	重点内容解读
2018/7	《打赢蓝天保卫战三年行动计划》	提出严控“两高”行业产能，加大落后产能淘汰和过剩产能压减力度，严格执行质量、环保、耗能、安全等法规标准，京津冀及周边地区实施“以刚定焦”。
2020/9/1	《关于印发《环评与排污许可监管行动计划》（2021—2023年）》《生态环境部2021年度环评与排污许可监管工作方案》的通知》	生态环境部按季度对地方审批的环境影响报告书（表）开展复核，加大对煤化工等高污染、高风险、生态影响大的行业加大抽查比例；生态环境部对重点区域、重点流域内本级和地方审批的石化、化工、煤化工、水利水电、煤炭等行业环境影响报告（表）项目进行抽查。
2021/5/31	《关于加强高耗能、高排放建设项目项目生态环境源头防控的指导意见》	推动煤电能源基地、现代煤化工示范区、石化产业基地等开展规划环境影响跟踪评价，完善生态环境保护措施并适时优化调整规划。严格“两高”项目环评审批，石化、现代煤化工项目应纳入国家企业规划，对炼油、乙烯、钢铁、焦化、煤化工等环境影响大或环境风险高的项目类别，不得以改革试点名义随意下放环评审批权限或降低审批要求。

#### 1.5.4 国家层面煤化工行业发展目标解读

根据国家“十四五”规划的发展方针，我国的煤炭的化石能源将要朝着清洁高效利用的方向发展，煤化工产业也要做好绿色化改造，同时为了保障国家的能源安全，煤制油和煤制气等产业要提前做好规划和布局。中国煤炭工业协会也提出了产能方面和项目建设的具體目标。

表 1-8 “十四五”期间中国煤化工发展目标

规划方向	内容
	推动煤炭等化石能源清洁高效利用，推进钢铁、石

规划方向	内容
	化、建材等行业绿色化改造
实施能源资源安全战略	做好煤制油气战略基地规划布局和管控

表 1-8 “十四五”期间中国煤化工产能及项目建设目标

规划方向	内容
产能规划	煤制气产能 150 亿立方米，煤制油产 1200 万吨，煤制烯烃产能 1500 万吨，煤制乙醇产能 80 万吨
项目规划	完成百万吨级煤制芳烃、煤制乙醇、百万吨级煤焦油深加工、千万吨级低价煤分质分级利用示范，建成 3000 万吨长焰煤热解分质分级清洁利用产能规模。转化煤量达到 1.6 亿吨标煤左右。

## 1.6 产业面临的问题

### (1) 产品较为单一，且市场竞争较大

国内煤制烯烃（芳烃）下游产品结构较为单一，产品差异化小，石油制烯烃（芳烃）以及国外烯烃（芳烃）产品对国内煤制烯烃（芳烃）下游产品市场带来的竞争压力。并且行业迈向全产业链发展，联合装置、产业链一体化以及产业集群化配置更具竞争优势。

### (2) 技术有进一步提升的空间

国内煤化工起步较晚，目前煤制烯烃（芳烃）技术取得一定研究成果，但在甲醇制烯烃（芳烃）等核心技术中，工艺、催化剂以及相关设备的研发方面仍有新技术研发的空间。

### (3) 主要下游产品存在产能过剩情况

上游技术成熟，中游甲醇制烯烃（芳烃）技术已实现工业化，预计未来我国芳烃主要下游产品产能将过剩，纯苯供应趋于宽松，未来几年，国内纯苯下游包括苯乙烯、环己酮（己内酰胺、己二酸）、苯酚、苯胺等均有新装置计划投产。纯苯下游衍生物产能将全面进入过剩阶段，实际开工率将有所下降，对纯苯需求的增速将明显放缓。

## 第二章 研究内容和方法

### 2.1 研究内容

分别对煤制烯烃、煤制芳烃产业整体专利申请情况进行分析，剖析产业发展阶段，了解目前产业专利申请态势。分别对煤制烯烃、煤制芳烃产业链中下游专利申请态势、技术分支构成及主要申请人概况进行分析，掌握产业链结构及技术分布。分别对煤制烯烃、煤制芳烃技术转移及技术输出进行剖析，判断产业链产品市场格局及技术区域分布。

掌握产业链核心申请人基本情况，深入挖掘重要申请人的技术热点、申请人定位、申请人技术合作及并购、运营等信息，多角度展现产业技术发展方向。

国内分析同全球结构一致，分别从产业链专利申请态势、产业链中下游技术分布、技术区域分布、主要申请人协同创新概况几大方向进行分析，同时对标国内外产业技术发展热点。

聚焦陕西煤制烯烃产业链结构分布，分别对产业链中下游专利分布、技术构成、主要申请人类型、对标主要申请人技术分支进行分析挖掘，展现陕西煤制烯烃产业现状。

分别从中下游的技术构成、专利申请态势、核心申请人分析陕西煤制烯烃（芳烃）产业现状。分别将陕西的煤制烯烃、煤制芳烃产业链中下游技术分支构成占比与国内、全球技术构成占比进行对比，挖掘陕西煤制烯烃（芳烃）产业链技术优势和不同，剖析产业链结构分布差异。对陕西煤制烯烃（芳烃）产业核心申请人深入剖析，从申请人专利基础、技术分布、专利区域布局、核心专利等方面信息解读创新主体现状。

对标全球、国内、陕西煤制烯烃（芳烃）产业结构占比情况，优化产业结构、结合市场需求和当地技术现状，发挥优势，补强短板。

梳理陕西该产业链的企业链条，对产业链各环节企业具有不同自身优势的，可探索许可、转让、合作、并购等企业培育路径。

人才培养主要从本地人才培养和人才引进两个方向展开，针对产业链优化路径，筛选核心环节重点发明人，综合分析人才引进实施的可能性。

通过梳理陕西煤制烯烃（芳烃）产业的技术构成链条，围绕全球、国内各环节技术热点，结合技术发展特点，将专利数据库和专利人才优势与企业自身的优势结合，优化专利布局结构，使其结构更符合未来市场发展走向。

## 2.2 技术分解

表 2-1 技术分解表

	一级	二级
上游-制甲醇	工艺、装置、 催化剂	煤制甲醇，甲醇净化、回收等
中游-烯烃	甲醇制烯烃	烯烃（C07C11/02）、乙烯（C07C11/04）、丙烯（C07C11/06）
	催化剂	分子筛（沸石）、氧化铝、炭
	反应器	流化床反应器、固定床反应器、移动床反应器
中游-芳烃	甲醇制芳烃	芳烃（C07C15/02）、苯（C07C15/04）、甲苯（C07C15/06）、二甲苯（C07C15/08）
	催化剂	分子筛（沸石）、氧化铝、炭
	反应器	流化床反应器、固定床反应器、移动床反应器
下游-烯烃	乙烯	聚乙烯、环氧乙烷、乙二醇、聚氯乙烯、苯乙烯、乙烯-乙烯乙酸共聚物、三元乙丙橡胶
	丙烯	聚丙烯、丙烯腈、环氧丙烷、苯酚、丙烯酸、丁辛醇、环氧氯丙烷、乙丙橡胶
下游-芳烃	苯	苯乙烯、苯酚、环己烷、环己烯、硝基苯、环己酮（己内酰胺、己二酸）、苯胺、烷基苯、氯苯
	甲苯	苯甲酸（苯甲酰氯、苯酚、对苯二甲酸、己内酰胺）、硝基苯（甲苯二异氰酸酯、三硝基甲苯）、氯化苯、氯代甲苯、对甲苯磺酸、苯乙烯、甲基苯乙烯、叔丁基甲苯
	二甲苯 (对二甲苯)	对苯二甲酸（PTA）、对苯二甲酸二甲酯（DMT）、二甲苯-甲醛树脂、二甲苯磺酸铵、二甲苯磺酸钠

根据煤制烯烃（芳烃）产业深加工过程中，上中下游各产品制备方法、分子筛催化剂以及反应器，结合技术分解表以及 IPC 分类号进行检索。检索数据库采用 incoPat 全球专利数据库，检索策略选择总分检索，并在检索结束后，结合补充检索策略，进行最终检索。

陕西省知识产权局

## 第三章 煤制烯烃产业专利导航

### 3.1 煤制烯烃深加工产业发展方向导航

#### 3.1.1 全球煤制烯烃产业专利整体概况

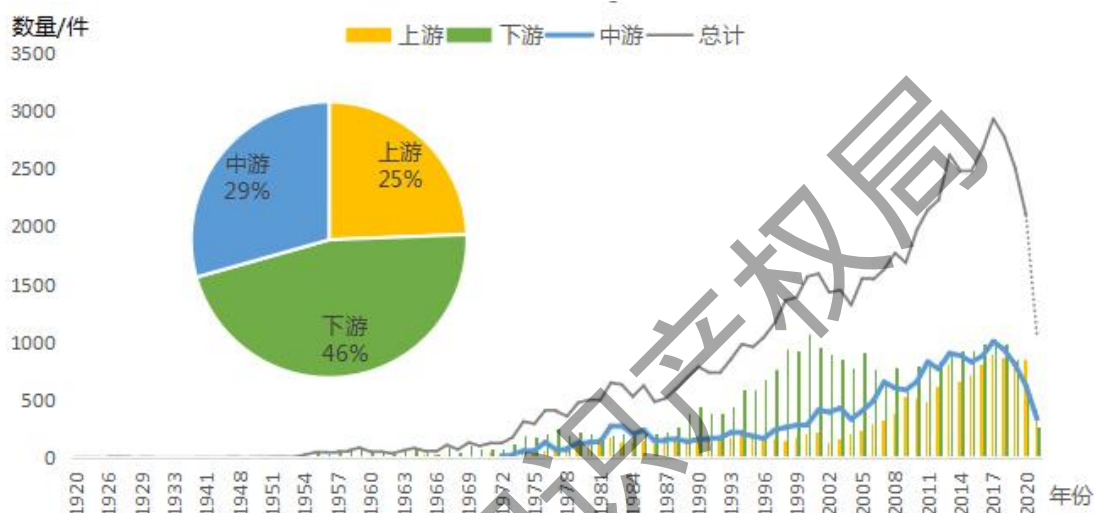


图 3-1 煤制烯烃产业总体专利申请趋势对比

（因专利申请公开时间差，近两年数据有误差）

在产业发展的同时，相关技术专利申请也在同步布局，专利申请为产业发展带来强有力的技术支撑作用。煤制烯烃产业技术发展自 1920 年始，经历了 102 年的发展，目前整体产业在 2017 年申请量达到高峰后，近两年因专利公开时间差，数据有所下降，但短期内整体产业仍将保持较高的专利申请热情。

截止检索日，煤制烯烃产业下游专利占比最大，其次是中游、上游。煤制烯烃产业整体专利申请量达 62915 件，其中上游专利占 25%、中游专利占 29%、下游专利申请量占 46%。

从产业链环节的专利申请趋势来看，初期下游乙烯、丙烯产品的需求，带动上、中游煤基制烯烃技术的发展，下游强劲增长倒逼上、中游持续稳定增长。煤制烯烃上中游呈现稳步增长的态势，其中上游的煤气化制甲醇在 2008-2018 年飞速发展，中游和上游保持近乎相同的增长态势。

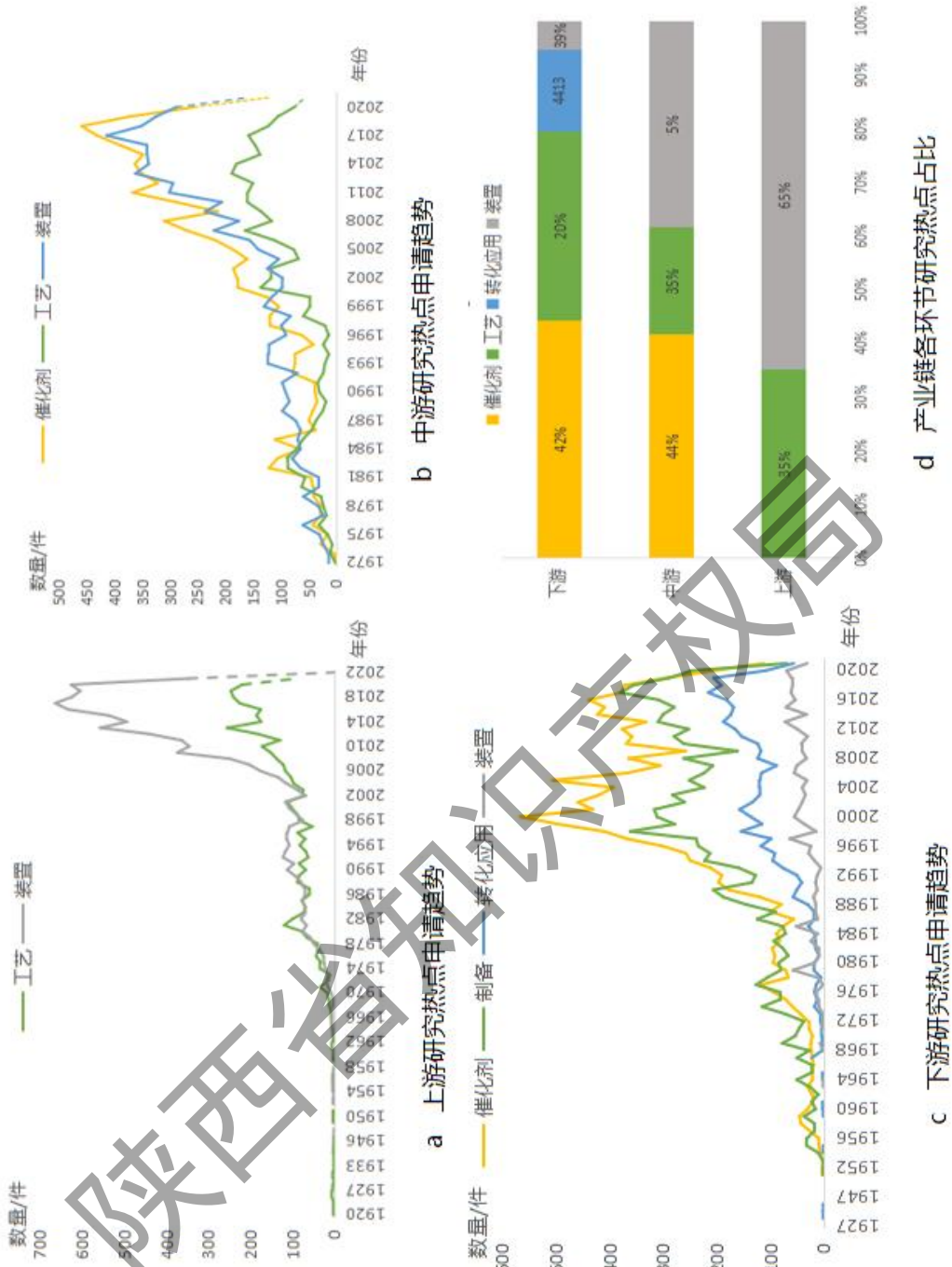


图 3-2 煤制烯烃深加工产业链各环节申请趋势

### 3.1.1.1 上游煤制甲醇（合成气）专利分析

#### (1) 上游专利申请趋势

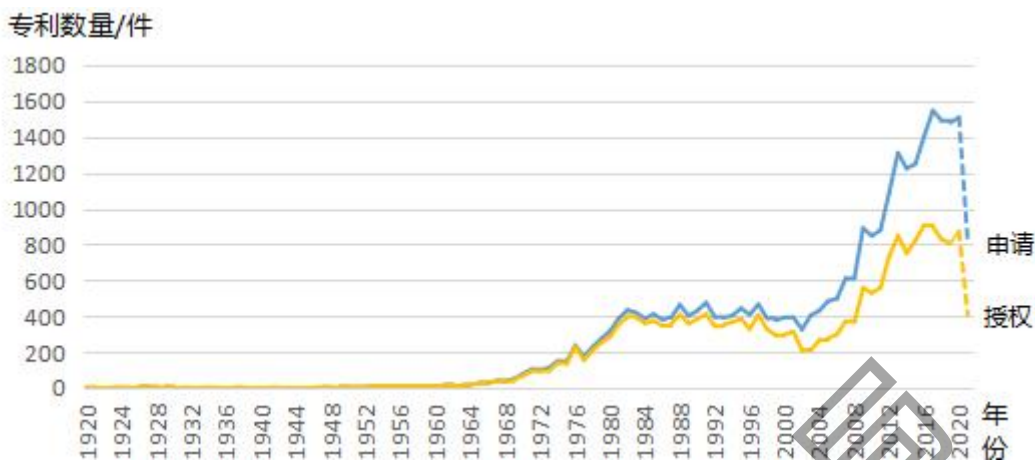


图 3-3 上游煤制甲醇（合成气）专利申请趋势

如图 3-3，上游煤制甲醇技术发展主要分为四个阶段，1968 年之前，虽然有 个别专利中涉及煤制甲醇技术，但并不是针对该技术的研 究；1968-1982 年期间， 专利申请量缓慢增长，这一时期，处于技术萌芽期；1983-2004 年，每年专利申 请数量较为稳定，这一时期主要专利公开国有美国、日本、德国以及中国；自 2005 年之后专利申请数量快速增长，这一时期主要为国内专利申请的增长，一 方面国内煤矿资源丰富，并且缺油少气，另一方面为提高产品价值，以及对环保 的考虑，对煤制甲醇（合成气）以及下游深加工技术的研究以及专利申请近几年 都得到快速发展。

#### (2) 技术构成

煤制甲醇（合成气）专利技术主要包括装置以及工艺，其中 82%的专利技术 是针对装置的研究，如图 3-4 所示，工艺技术专利申请数量相对稳定，在近几年 相对有小幅度增长。装置相关专利在 2004 年之前主要国外专利申请，并且在自 1986 年之后每年专利申请数量较为稳定，在 2005 年之后随着国内煤制甲醇技术 的发展，带动全球煤制甲醇相关专利数量快速增长。



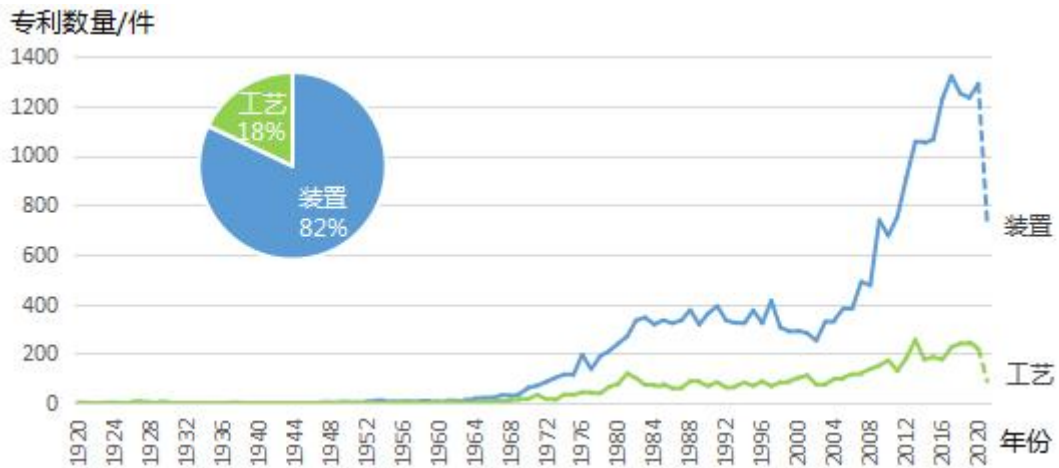


图 3-4 上游煤制甲醇（合成气）技术构成申请趋势

(3) 上游技术区域分布

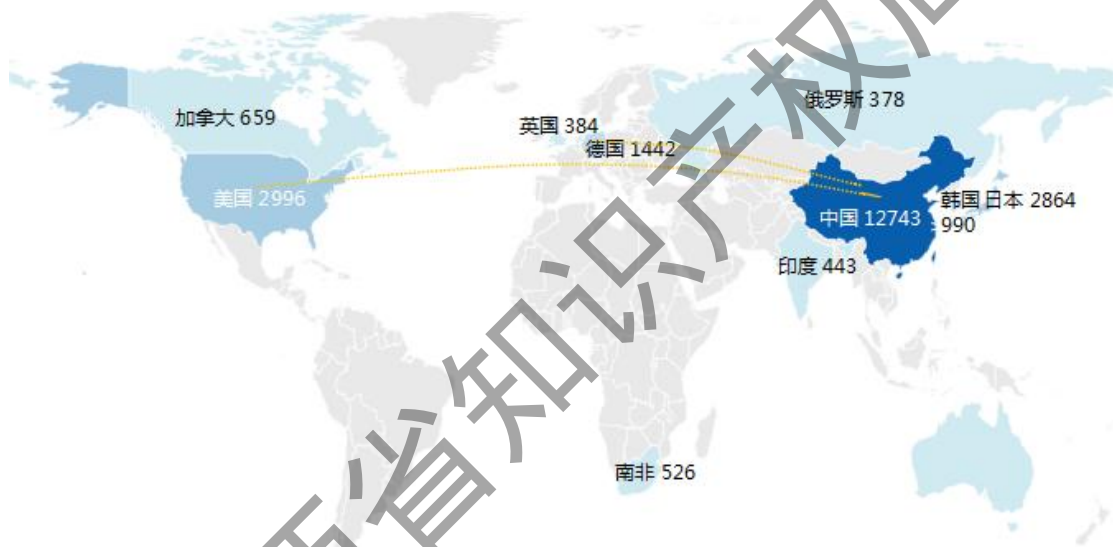


图 3-5 上游煤制甲醇（合成气）专利区域分布

如图 3-5 所示，中国是煤制甲醇技术的主要研发国家，相关专利申请量在全球排名第一，其次为美国、日本、德国，其中美国与德国针对该技术在中国有一定专利布局。

(4) 申请人排名

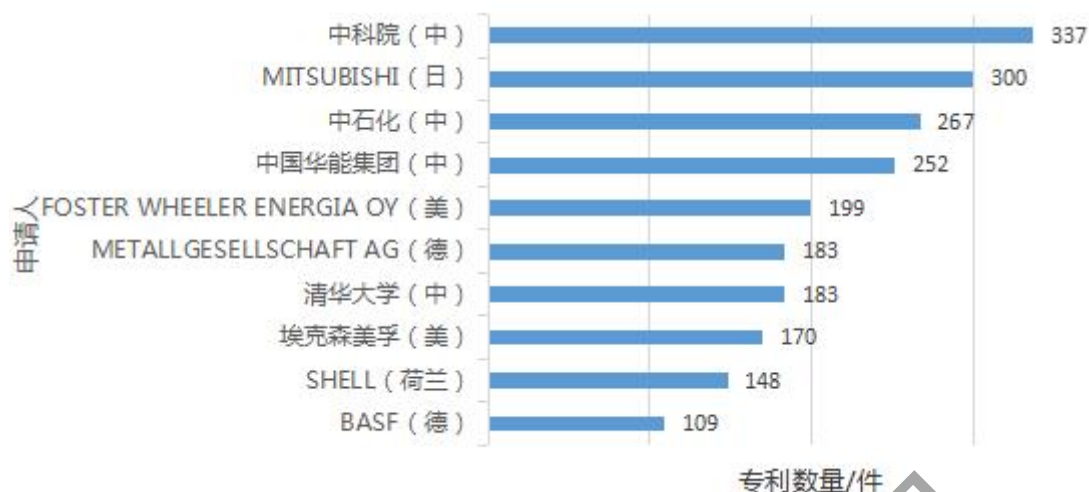


图 3-6 全球申请人排名（前十）

上游煤制甲醇申请人排名中，中国申请人占 4 位，分别为中科院、中石化、清华大学以及中国华能集团，排名前十的申请人中，德国、美国申请人各占 2 位，其余为日本以及荷兰企业。

### 3.1.1.2 产业链中游分析

#### (1) 专利申请趋势



图 3-7 煤制烯烃中游专利申请趋势

煤制烯烃整体产业专利申请态势如上图所示，产业发展经历了萌芽期和缓慢发展期，目前处于快速成长期。

**萌芽期（1972-1983 年）：**全球对煤制烯烃的研究始于 1972 年，这一时期的专利申请量增长速度较缓，主要创新主体基于国外企业，同时，这一时期的主要研究热点在于石油化工催化剂的煤基烯烃制备沿袭应用的探索。

**缓慢发展期（1984-2008 年）：**这一阶段煤制烯烃产业专利申请量实现了显

著增长，而我国在 1985 年专利法实施后，也给这一时期的技术创新贡献了力量，我国多煤少油的国情基础，在这一阶段基于环保及下游产品倒逼，对于煤基制烯烃的研究也日趋高涨，中科院和中石化相继在该技术领域投入研发。

快速成长期（2009-至今）：2009 年之后，随着核心工艺的工业化实施，煤制烯烃工艺改进创新突破空间有所缩减，国外各创新主体为实现煤制烯烃的技术多样化寻找新的解决方案难度加大，专利申请数量有所回落；而我国在这一时期仍表现较高的探索热情，专利申请仍在一段时间内保持一定的增长，而主要增长方向仍以催化剂和装置改进为热点。

## (2) 各技术分支申请趋势

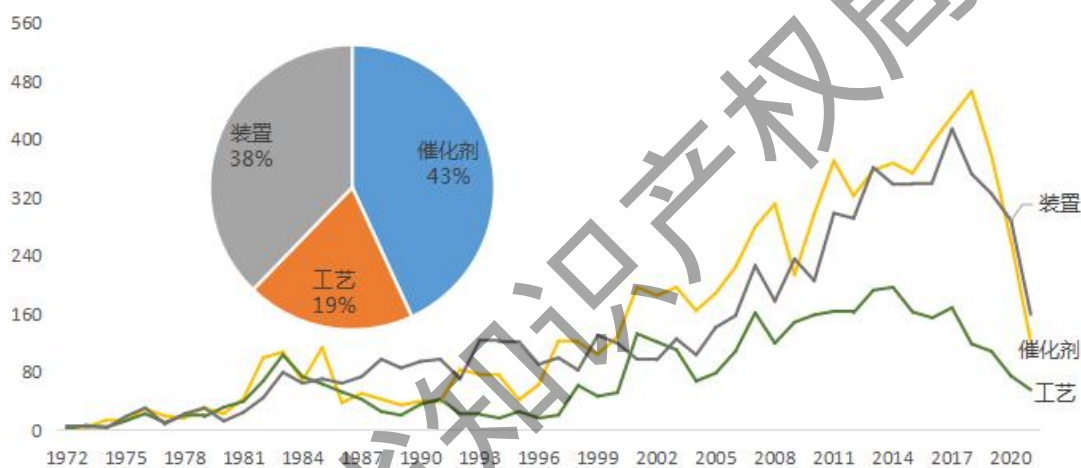


图 3-8 煤制烯烃中游各技术分支专利占比及申请趋势

低碳烯烃(乙烯、丙烯、丁烯)是石油和化学工业中最重要的基本化工原料，在国民经济生产中占据着至关重要的位置。乙烯、丙烯等低碳烯烃的产量，是衡量一个国家经济发展水平的重要标志。在工业范围内，乙烯和丙烯主要应用于塑料产业中，而丁烯是生产合成橡胶的重要原料。

## (3) 申请人排名

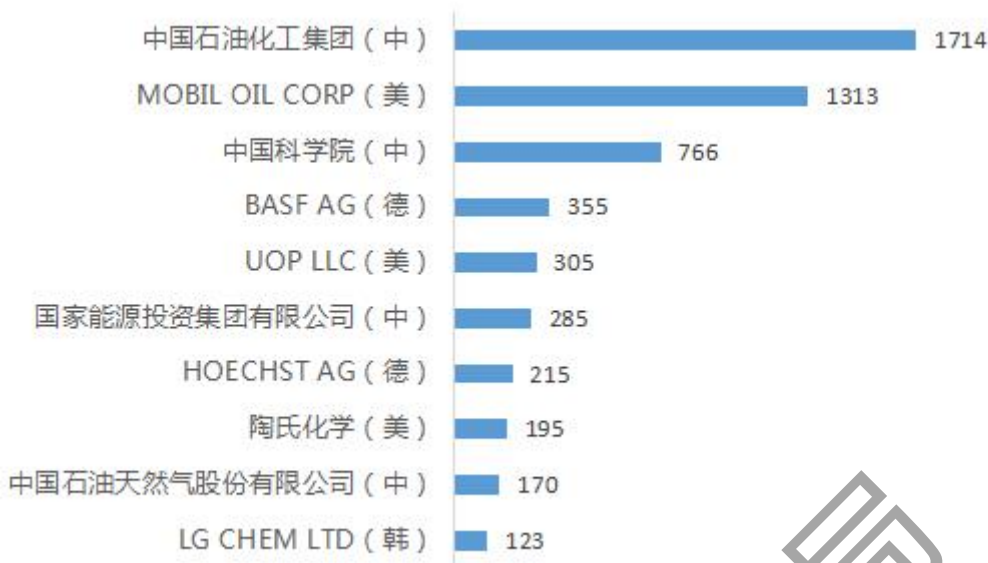


图 3-9 煤制烯烃中游技术全球申请人排名  
(全球核心申请人进行排名时对申请人子公司进行合并处理)

现阶段全球煤制烯烃产业中游专利排名在前的申请人，统计前十的申请人依次为中石化集团、埃克森美孚石油、中科院、巴斯夫、环球油品、国家能源投资集团有限公司、赫斯特公司、陶氏化学、中石油、LG，其中中国申请人占 4 位，以中科院为代表的研究院所创新力量较为突出。

#### (4) 中游技术区域分布

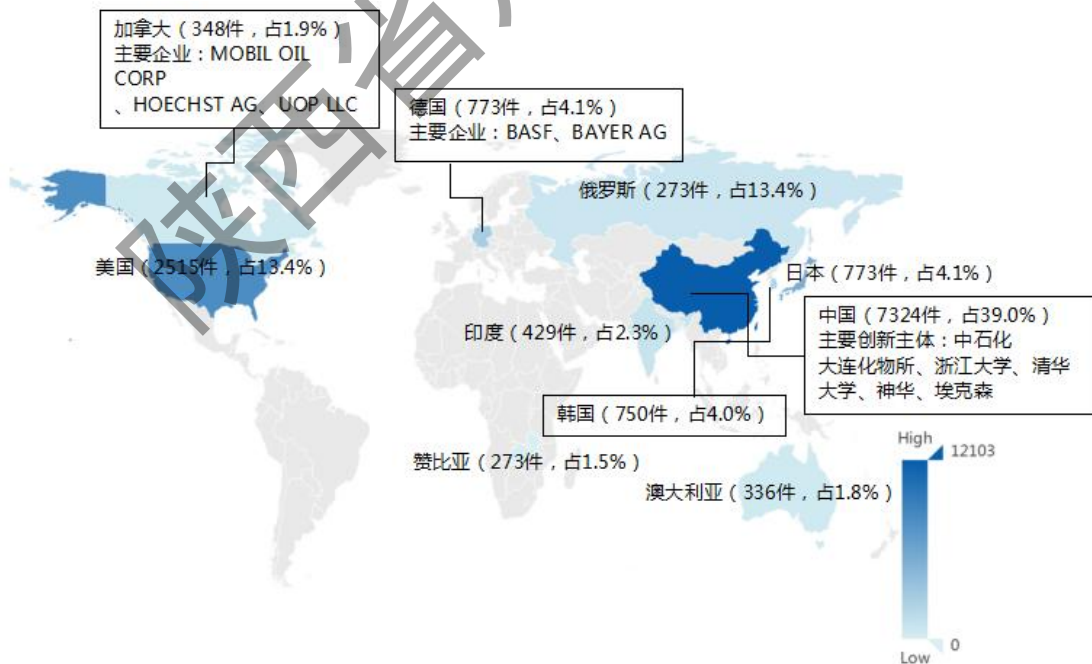


图 3-10 煤制烯烃技术专利公开国区域分布

现阶段的煤制烯烃工艺专利公开数量分布排名前十的国家包括 CN（中国）、

US（美国）、JP（日本）、DE（德国）、KR（韩国）、IN（印度）、CA（加拿大）、AU（澳大利亚）、ZA（赞比亚）、RU（俄罗斯），从国家来看，美国是全球煤炭储量最丰富的国家，占全球资源的 23.2%，俄罗斯占比 15.1%，澳大利亚占比 14%，中国占比 13.3%，印度占比 10.3%，从专利公开区域来看，主要目标市场为中国和美国，同时从专利控制力看产业发展方向，以加拿大为例，其专利申请主要企业 MOBIL OIL CORP 是美国企业，印度其排名在前的申请人为大连化物所，主要的技术创新主体也分布在美国和中国。

### 3.1.1.3 产业链下游分析

#### (1) 专利申请趋势

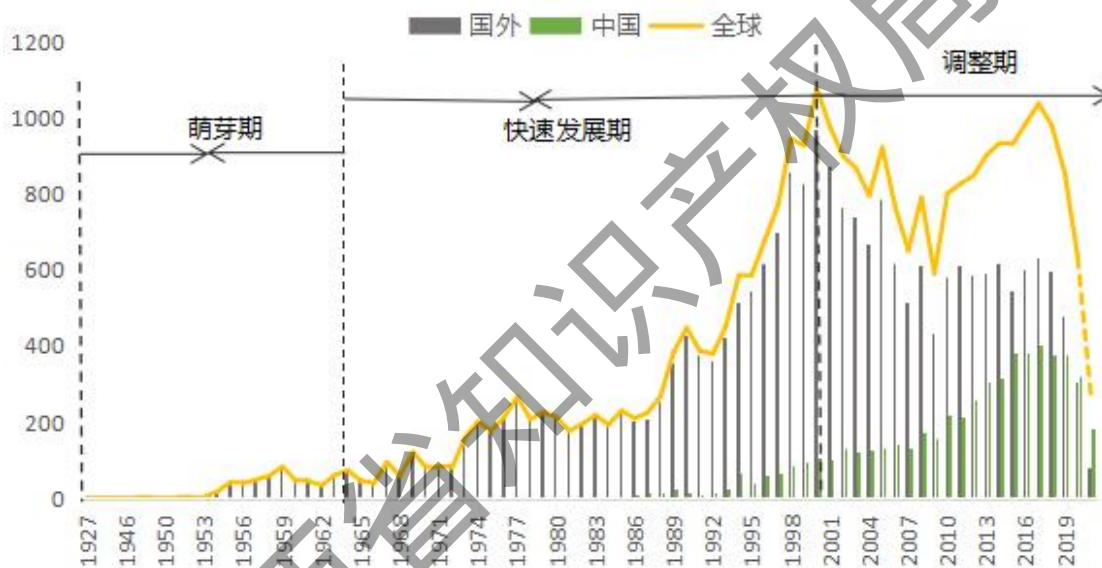


图 3-11 煤制烯烃深加工产业下游专利申请趋势

#### (2) 各技术分支占比及申请趋势

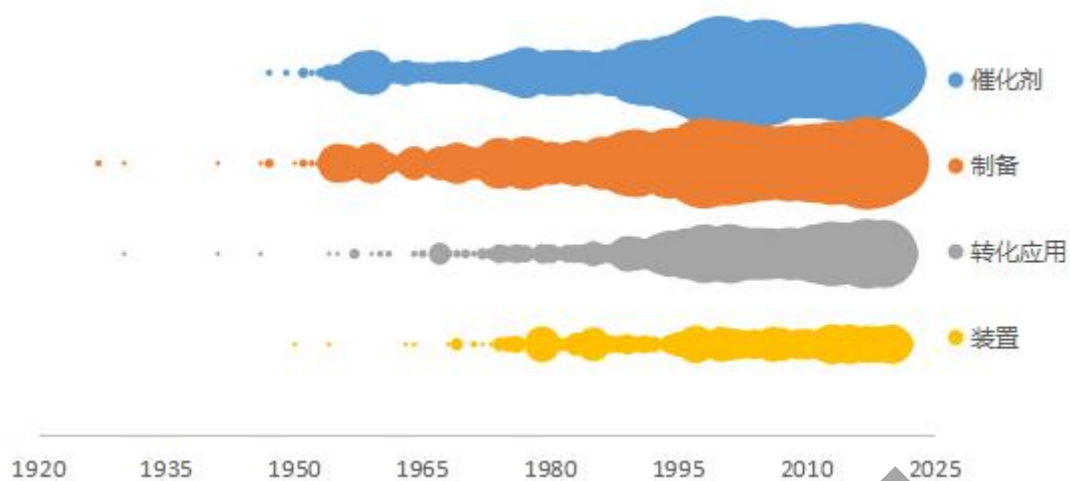


图 3-12 下游一级技术分支申请趋势

陕西省知识产权局

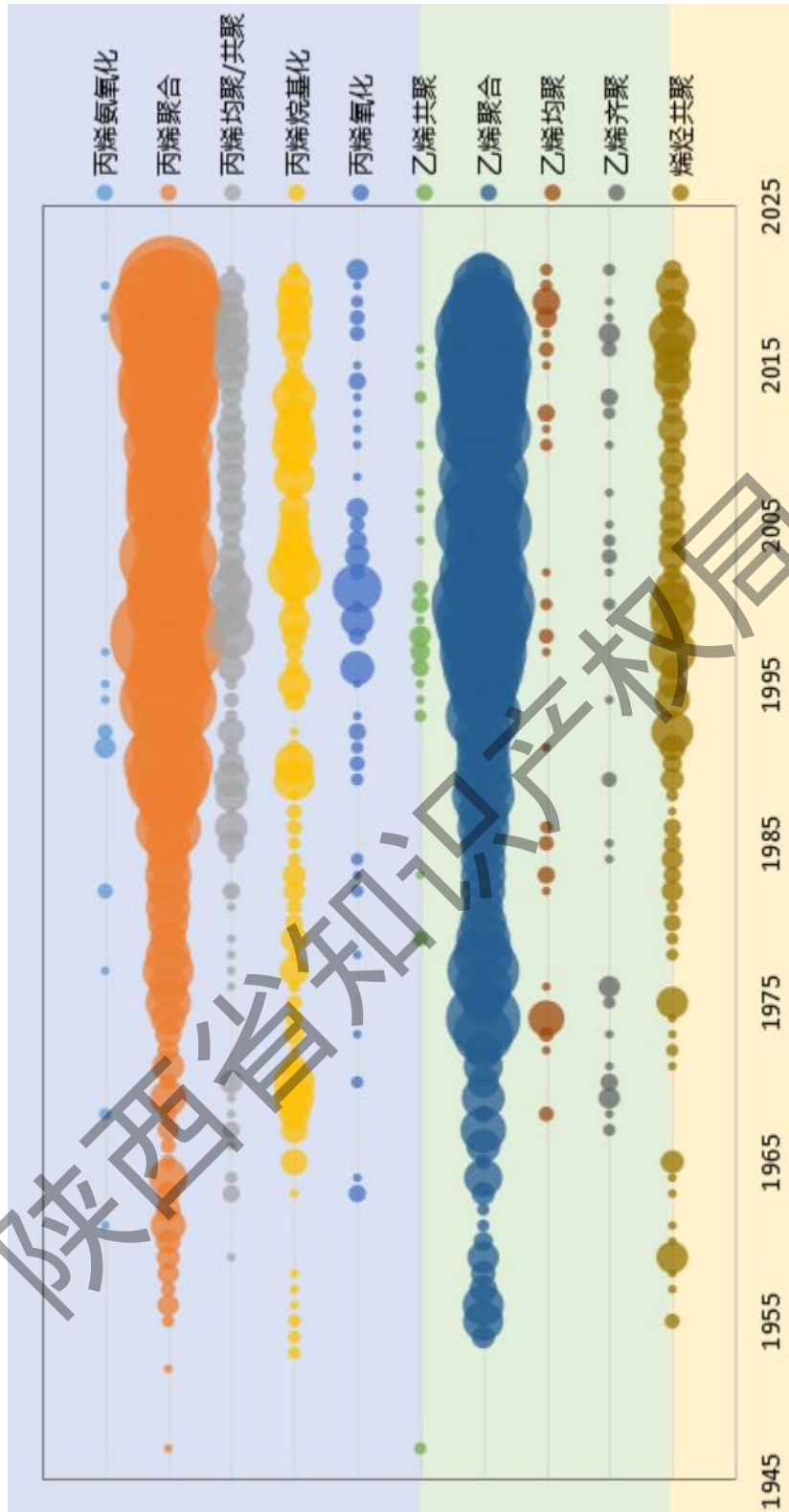


图 3-13 下游各技术分支专利申请态势

### (3) 申请人排名



图 3-14 下游烯烃深加工全球申请人排名

煤制烯烃产业下游乙烯、丙烯聚合相关技术聚烯烃深加工申请人排名前十如图 3-14 所示，排名在前的企业除中石化外，都为化工行业跨国巨头企业，包括北欧化工、中石化、利安德巴塞尔、埃克森、陶氏化学、住友化学、三井化学、BASF、LG 化学、联合碳化，日本企业两位，美国企业三位、德国企业两位、韩国中国分别 1 位企业在列，奥地利 1 位企业在列。

在埃克森美孚惠州乙烯一期项目中，重点还是在布局聚烯烃产能，总投资额 100 亿美元的巴斯夫广东一体化生产基地也正式启动。项目一期包括石油化学品装置作为完善的一体化 (Verbund) 体系的核心。一套计划年产能为 100 万吨乙烯的蒸汽裂解装置会作为新一体化基地价值链的开端。后续阶段将建立多套下游装置，据了解，巴斯夫湛江新型一体化生产基地第一套装置预计于 2022 年启用。届时，新的工程塑料改性装置每年将为巴斯夫在中国贡献 6 万吨改性工程塑料产品。这将使巴斯夫在亚太地区的改性工程塑料产品年总产能达到 29 万吨。

与巴斯夫同在湛江东海岛化工产业园的中科炼化则计划一期投资 400 多亿元，建设 1000 万吨/年炼油系列生产装置、80 万吨/年乙烯系列生产装置，项目建成后将主要生产国 VI 汽油、柴油及航空煤油等油品，以及聚乙烯、聚丙烯、乙二醇、环氧乙烷、乙醇胺、丁二烯、苯、甲苯、混合二甲苯等化工产品。



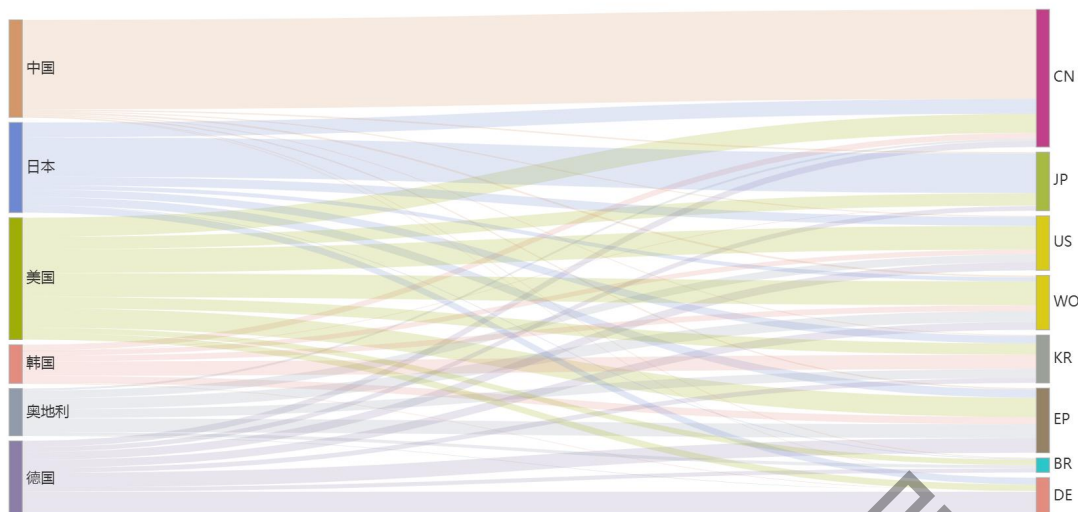


图 3-15 下游核心申请人目标市场分布

### 3.1.2 全国煤制烯烃产业专利整体概况

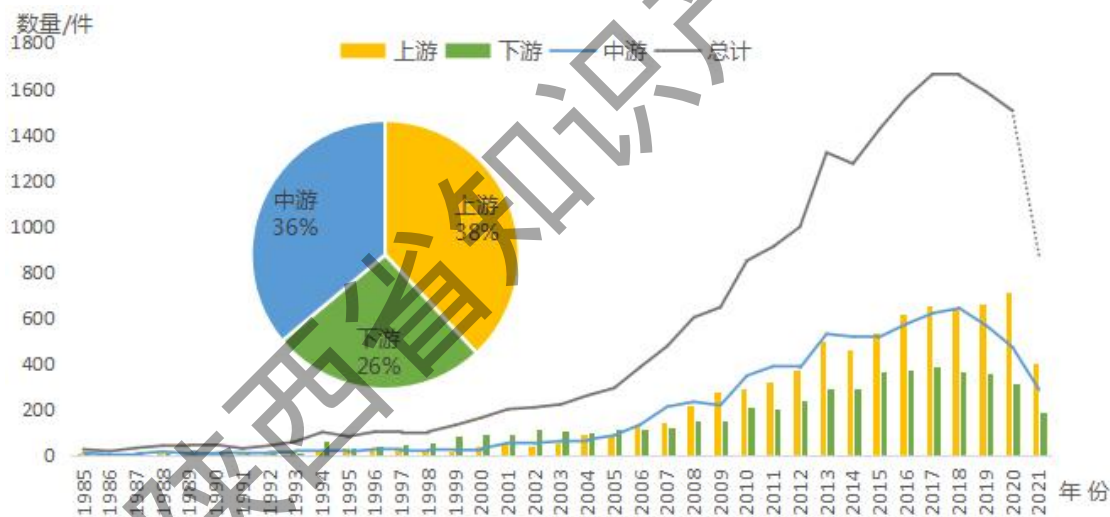


图 3-16 国内煤制烯烃产业链专利申请趋势对比

在产业发展中，专利始终伴随着煤制烯烃产业的技术和产品创新，并在产业竞争中发挥着重要的作用。目前，全国范围内与煤制烯烃相关的专利数 7269 件，目前处于技术调整期，在 2008-2018 年十年来发展势头迅猛，2018 年申请量达到最高峰，从领域技术周期来看，煤制烯烃的相关技术在中国共经历了以下三个阶段：

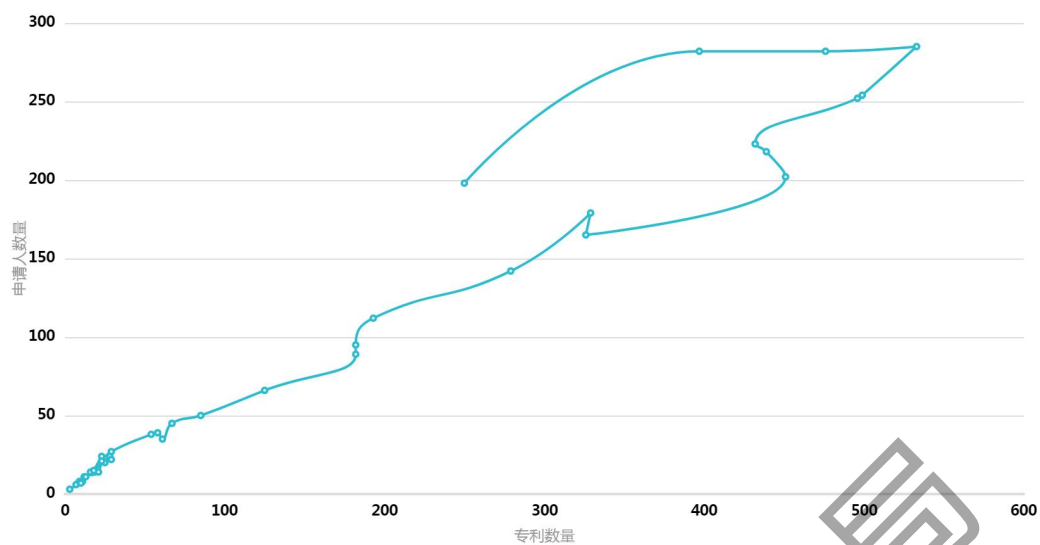


图 3-17 国内煤制烯烃产业专利生命周期

第一阶段为萌芽期（1985-1994 年）：中国对煤制烯烃的研发起步晚于国外 65 年，一直到 20 世纪九十年代中叶，申请量一直都保持在较低水平，增长速度非常缓慢，主要原因在于当时我国还处于传统煤化水平，这一时期的煤气化基础利用以国外技术引进为主要实现方式，自主研发仅在装置改进，以清华大学为例，在 1986 年申请设备相关专利 2 件，能够获得的专利申请相关技术很有限。

第二阶段为快速发展期（1995-2018 年）：这一阶段煤制烯烃产业专利申请量实现了显著增长，尤其是 2008-2018 年这十年飞速发展，市场需求和用户需求的持续扩大更新，随着上游煤气化、甲醇合成技术的商业化实现，甲醇制烯烃技术日趋成熟，UOP/NORSK Hydro MTO 技术、大连物化所 DMT0 技术、中石化上海石化研究院 SMT0 技术、Lurgi MTP 技术、清华大学 FMTP 技术等研发都迎来了市场化的爆发期，掌握相关技术的企业增多，专利申请量持续高速增长。

第三阶段为技术调整期（2018 至今）：2018 年后，随着核心工艺的工业化实施，煤制烯烃工艺改进创新突破空间有所缩减，各创新主体为实现煤制烯烃的技术多样化寻找新的解决方案难度加大，专利申请数量有所回落。

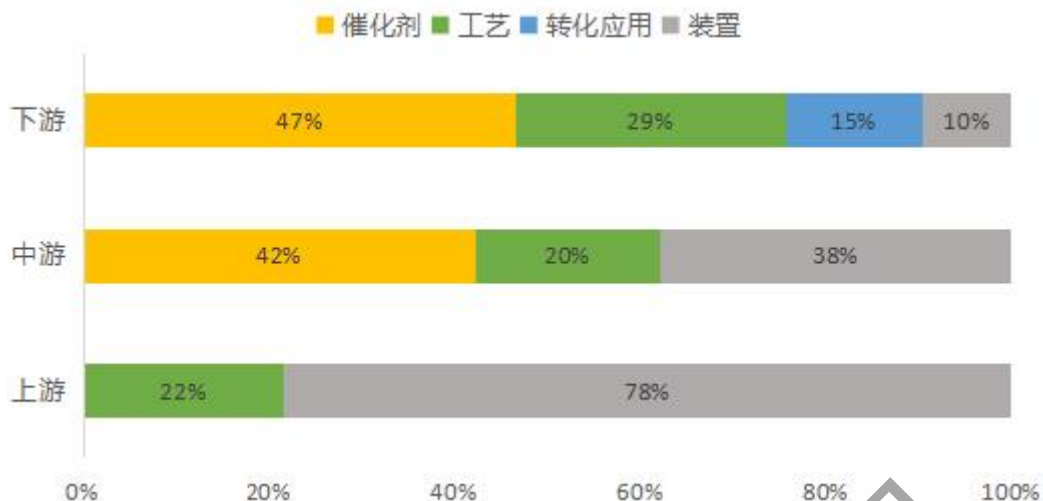


图 3-18 煤制烯烃产业链技术构成

从产业链各环节申请量占比来看，目前上游的专利申请量占整体专利申请量的 38%，中游专利申请量占整体专利申请量的 36%，下游专利申请量占整体专利申请量的 26%，下游发展空间较大。而从各环节技术构成来看，目前上游的研究工艺占比 22%、装置的改进占比 78%；中游的催化剂研究占比 42%、工艺研究占比 20%、装置改进占比 38%；下游的催化剂研究占比 47%、工艺研究占比 29%、转化应用专利占比 15%、装置的研究占比 10%。根据产业链目前技术构成可以判断，产业的技术演化方向，随着时间的推移，产业链构成日趋向中下游集中，上游涉及煤气化合成甲醇的相关技术专利申请量多于中下游，已实现工业化发展。中游申请量近年的快速增长，说明主要申请人已经在该环节进行了较多的专利投入和布局，而其改进热点聚焦在催化剂的改进；下游的多样化附加值产品利用专利申请量在未来仍将保持较高的增长趋势，尤其以催化剂、转化应用的研究方向专利申请量增长明显。

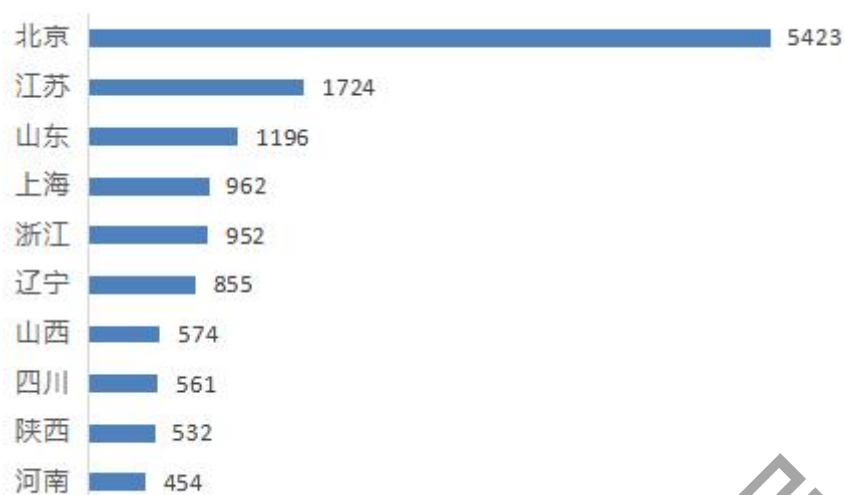


图 3-19 煤制烯烃产业国内区域分布

专利申请量的分布与煤制烯烃在全国的产业格局分布紧密相关，目前，我国煤制烯烃产业形成长三角地区产业集中在江苏和上海、环渤海地区产业集中在北京和辽宁地区、中西部地区逐渐形成了陕西、四川、河南等省为主要聚集区的产业发展格局，与产业分布不相适应的是，虽然西部地区产业集群已形成，但整体专利申请量仍远远少于北京以及东南沿海地区，陕西的产业专利数量排名第九，与目前陕西的产业规模并不匹配，较大程度体现了专利布局的缺失和较弱的专利竞争力。

由于煤制烯烃产业下游具有附加值高、带动性强的特征，对地区发展的技术资源、人才资源、区位条件的要求较高，因此，煤制烯烃的下游将以产学研资源能力较强的城市获得更大的发展空间，因此煤制烯烃产业下游发展仍将在一段时间内持续以上海、北京等地区发展。

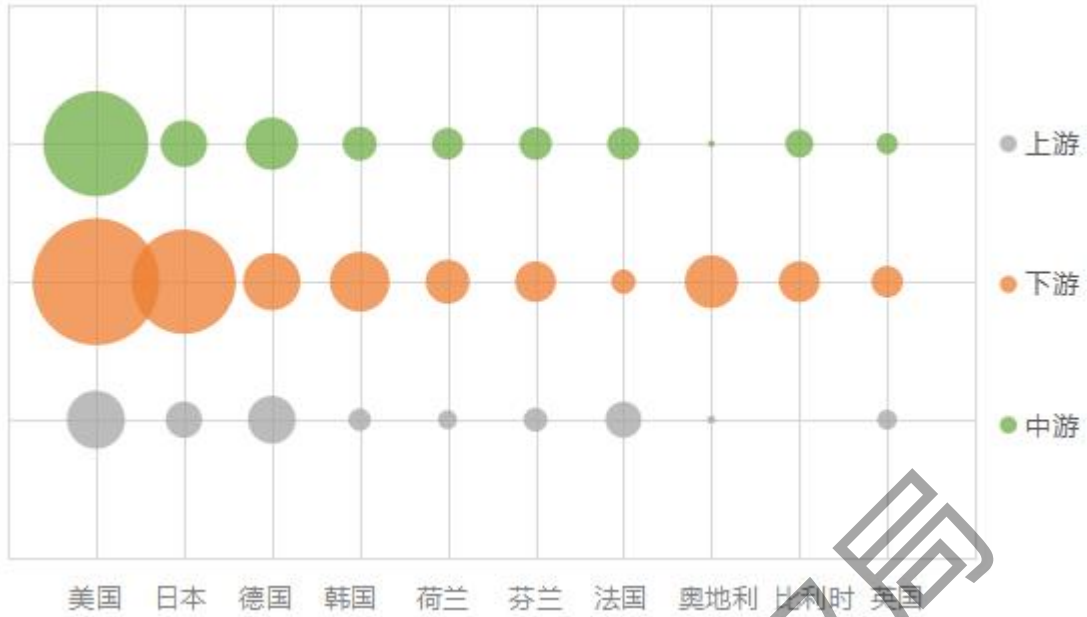


图 3-20 主要来华申请国家产业链分布

### 3.1.2.1 煤制烯烃产业上游

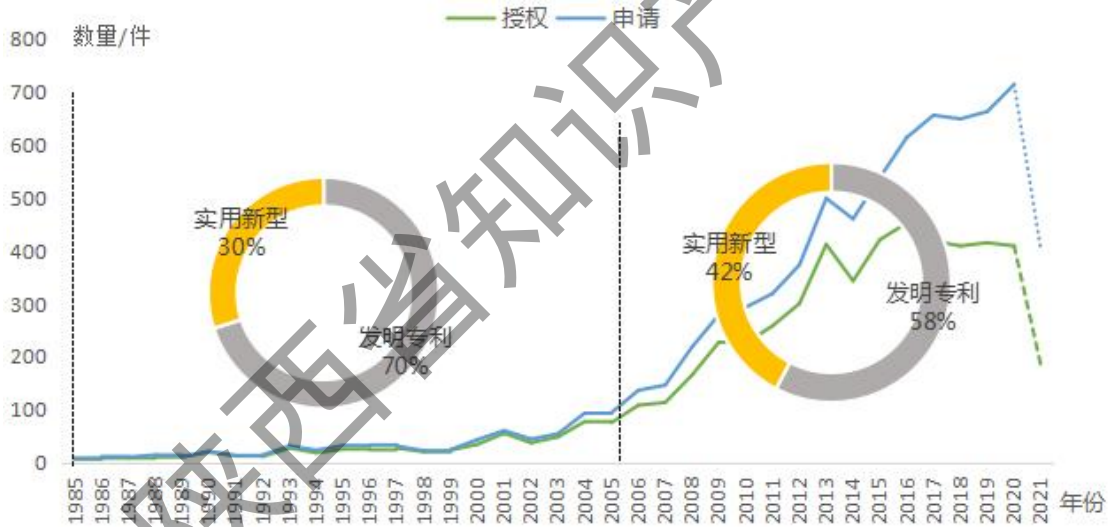


图 3-21 煤制烯烃上游整体专利申请趋势及专利类型

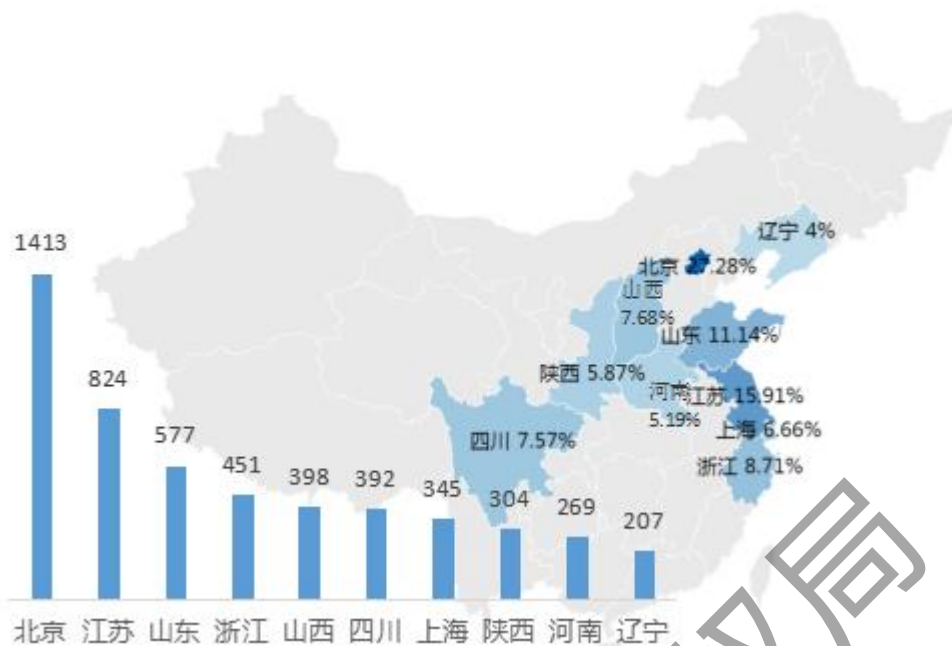


图 3-22 煤制烯烃上游技术国内省市排名

从煤制烯烃上游国内申请区域分布来看，国内申请人的省份主要分布在传统的经济发达地区如北京（占 27.28%）、江苏（占 15.91%）、浙江（占 8.71%）、上海（占 6.66%）；煤炭资源丰富的山东（占 11.14%）、山西（占 7.68%）、陕西（占 5.87%）、河南（占 5.19%）等省份；其中北京以中石化为龙头企业代表，辽宁主要创新主体为大连化物所，其中陕西排在全国第八位。

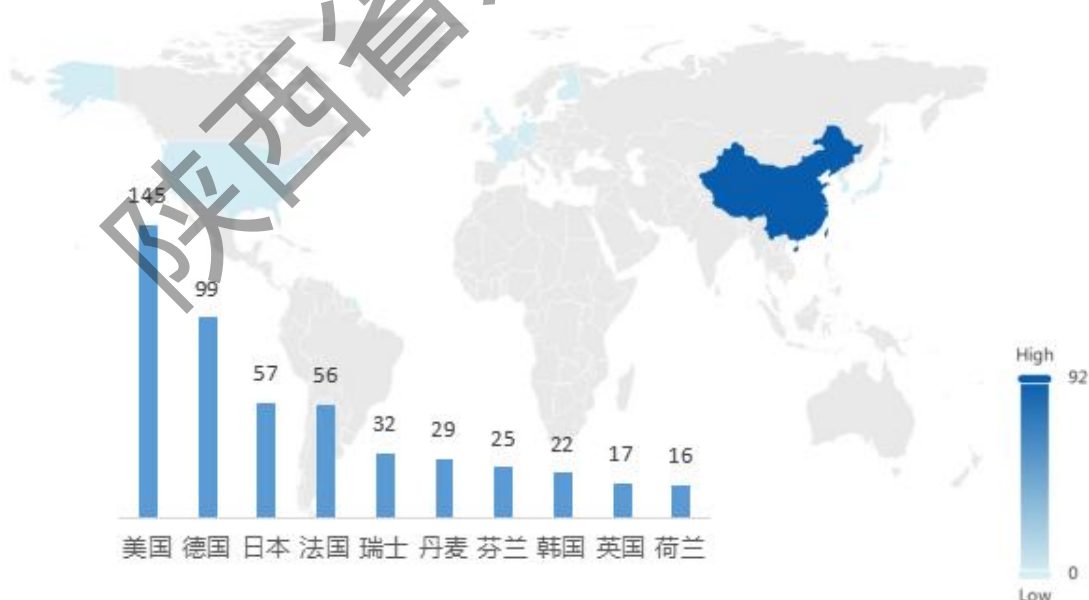


图 3-23 煤制烯烃上游技术来华申请国家排名

对标国内市场的其他国家创新主体技术来源，当前主要技术输入来自美国、德国、日本、法国、瑞士、丹麦、芬兰、韩国、英国以及荷兰，从技术输入主体

来看,美国以埃克森、福斯特惠勒能源为代表的跨国大型能源企业技术贡献突出,跨国企业对中国市场的技术输入是对目标市场的瓜分,进一步激化了国内申请人的竞争态势。



图 3-24 煤制烯烃上游技术申请人排名

统计煤制烯烃上游产业链专利申请排名前世的申请人,由图中可以看出,煤制烯烃产业链上游申请人依次包括中石化、清华大学、华能集团清洁能源技术研究院有限公司、中石化上海化工研究院、浙江大学、中科院热物理研究所、东方电气集团东方锅炉股份有限公司、中国矿业大学、中科院山西煤炭化学研究所、中石化炼化工程股份有限公司,其中高校科研院所占六位,科研力量在整个产业链上游技术贡献比重较大,优势突出。

### 3.1.2.2 产业链中游分析

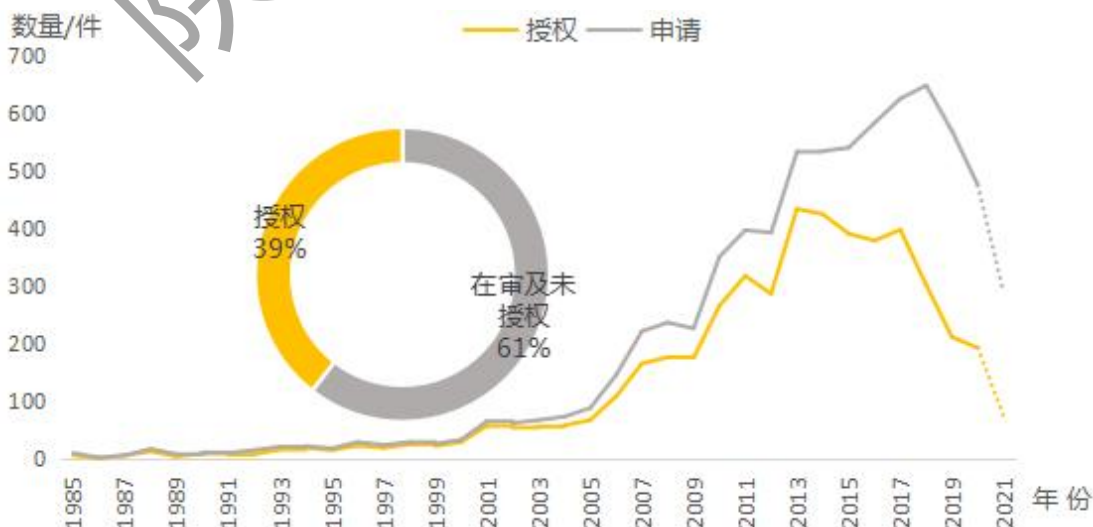


图 3-25 煤制烯烃产业中游专利申请趋势

随着产业的发展，国内煤制烯烃中游相关技术的专利申请也在同步的布局，专利申请的布局也在逐步展开，产业的发展为技术研发和专利申请起到了强有力的推动作用。国内在煤制烯烃产业中游的技术布局自 1985 年开始，经历了 15 年的萌芽发展后，迎来快速发展期，并且目前仍在保持一定的增长，近三年同比增幅有所下降。

从 1985-2001 年，全国在该领域技术进入萌芽发展期，这一时期的整体专利申请数量较少；2001 年至今，专利申请量涨幅显著，维持平均年申请量增长达 30%，2018 年专利申请量达到高峰，年申请量 639 件，可见，煤制烯烃技术在近 10 年出现了突飞猛进的发展。

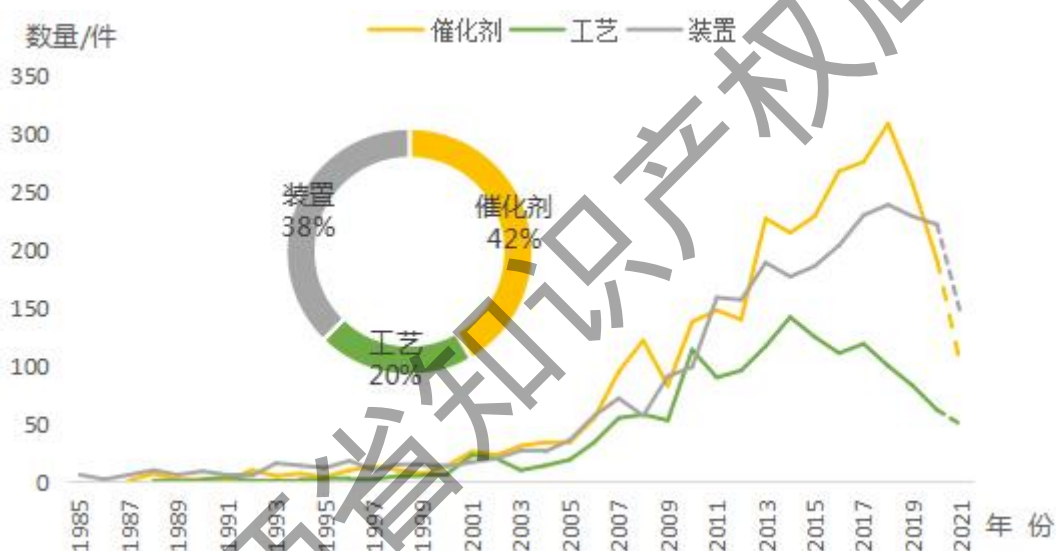


图 3-26 煤制烯烃产业中游一级技术构成占比

在煤制烯烃产业中游环节，现阶段国内的研究围绕催化剂、工艺和装置展开，整体催化剂改进的专利占整体专利的 42%，占比最多；装置改进的专利申请占整体专利的 38%，工艺改进的专利申请占整体专利的 20%，中游以催化剂的研究较为突出，从各技术构成申请趋势来看，催化剂同时也是近年来增长最快的研究方向。工艺改进的研究在 2014 年达到高峰，近年来研究突破有所平缓。



表 3-1 陕西煤制烯烃中游研究热点

一级	技术分支	申请量
催化剂	ZSM-n沸石分子筛	15.1%
	SAPO-n磷酸硅铝分子筛	13.8%
	费托合成催化剂	2.8%
	复合结构分子筛	3.3%
工艺	MTO技术	7.1%
	污水处理	4.7%
	MTP技术	3.4%
	合成气制烯烃	3.0%
	回收净化	2.8%
	耦合联产	1.3%
	其他	0.3%
	装置	流化床
固定床		14.2%
整体系统		2.2%
回收净化系统		1.9%
其他		1.1%
换热冷却系统		0.5%

统计目前国内的煤制烯烃产业中游研究方向，流化床改进呈现绝对核心地位，ZSM-n 沸石分子筛、固定床改进、SAPO-n 磷酸硅铝分子筛的研究紧跟其后，在耦合联产和费托合成催化剂的研究略显薄弱。

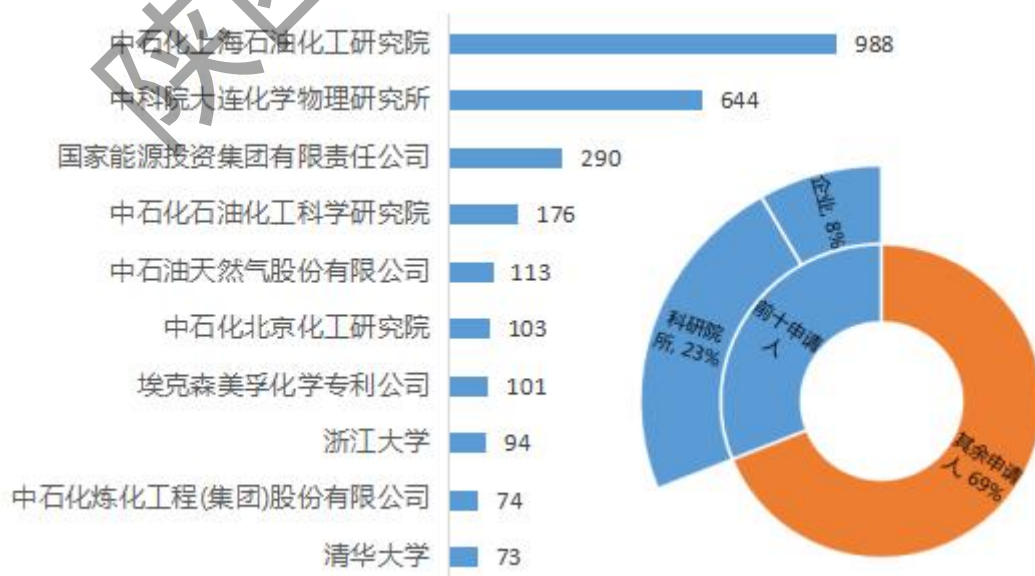


图 3-27 煤制烯烃产业中游申请人排名及构成

目前国内煤制烯烃产业中游排名在前的申请人有中石化上海石油化工研究院、中科院大连化学物理研究所、国家能源投资集团有限责任公司、中石化石油化工科学研究院、中石油天然气股份有限公司、中石化北京化工研究院、埃克森美孚化学专利公司、浙江大学、中石化炼化工程(集团)股份有限公司、清华大学，其中 1 家美国企业在华专利布局数量排名前列，体现了国外企业对国内市场的重视，另一方面也体现了国内申请人的竞争态势。其中排名前十的申请人专利申请数量占整体产业中游专利的 31%，前十申请人构成中高校科研院所占了 6 位，其专利申请量占整体产业中游的 23%；前十申请人企业占 4 位，其专利申请量占整体产业中游的 8%，从申请人构成类型及专利申请量来看，中游技术创新贡献以高校科研院所为主。

陕西省知识产权

表 3-2 国内重要申请人煤制烯烃产业中游技术布局

申请人	催化剂					工艺							装置				
	SAPO-n磷酸 硅铝分子筛	ZSM-n沸 石分子筛	羧基合成 催化剂	复合结构 分子筛	MT O	MT P	合成气 制烯烃	回收 净化	耦合 联产	其他 处理	固定床	换热冷却 系统	回收净 化系统	流化 床	其他	整体 系统	
埃克森美孚化 学专利公司	43	3	3	9	13	4	1	6			2			3		2	
国家能源投资 集团	43	22	1	11	38	25		19	6	9	5	4	18	3	8	10	
清华大学	8	3		3	2	1	2	2			5			44		1	
浙江大学	3	13	2	1	1	12	2	2	5	1	15	2		23		1	
中科院大连化 学物理研究所	117	48	3	21	21	6	11	1	19		8			14		1	
中石化北京化 工研究院	11	17	2	2	9	10		10		1	8			4		1	
中石化炼化工 程	2	3			1	4	2	15	14	4	13	1	2	6		5	
中石化上海化 工研究院	153	125	40	18	189	54	63	12	11	1	39		3	42	2	46	
中石化石油化 工科学研究院	33	43	18	3	13	6	7		8	1	22			26			
中石油	12	25	2	10		1		2		11	11		3	17		2	



技术热点		吴秀章	邢爱华	王林	朱伟平	胡思	王志光	李春启	刘蓉	孙启文	常云峰
		国家能源投资集团				江苏有容催化技术研究所	中触新材料股份有限公司	大唐国际化工技术研究院	华能集团能源技术研究院	上海充矿能源科技研发有限公司	天津众智科技有限公司
催化剂	SAPO-n 磷酸硅铝分子筛	5	9		12	9			3	1	15
	ZSM-n 沸石分子筛		3			8		10	4	2	1
	费托合成催化剂					1	1			3	
	复合结构分子筛		4		2		4		3	1	4
工艺	MTO	16									
	MTP			8							
	合成气制烯烃									1	
	回收净化	5	1							2	
	耦合联产		1					1			
	污水处理			2							1
装置	固定床			1						4	
	换热冷却系统			1							
	回收净化系统			1							
	流化床							2		4	
	其他			1							
	整体系统	2		1	1						

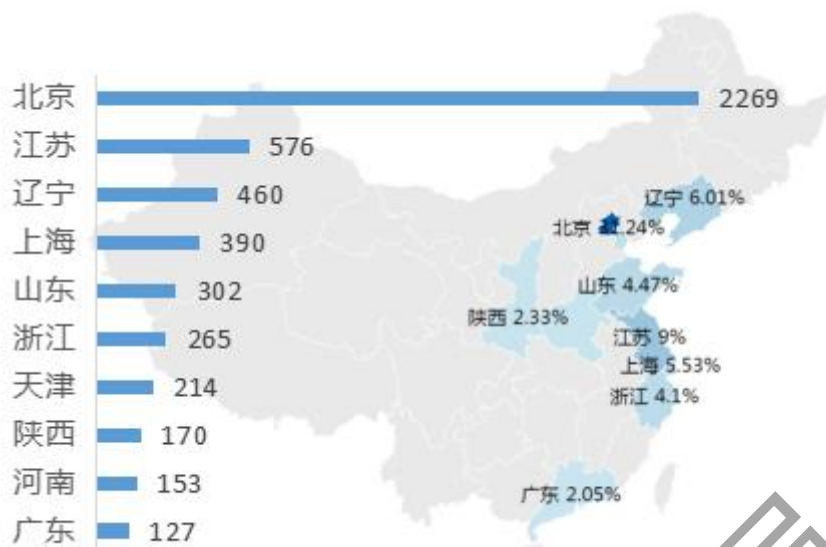


图 3-30 国内中游技术省份排名

目前国内煤制烯烃产业中游技术省份分布如图所示，从整体来看，技术主要集中在华东、华北地区，其主要是我国煤炭资源北多难少的格局影响，陕西技术实力排名第八，中游技术实力还有待进一步提升，更好的与自身资源整合利用，可以很好的提升其产业附加值。

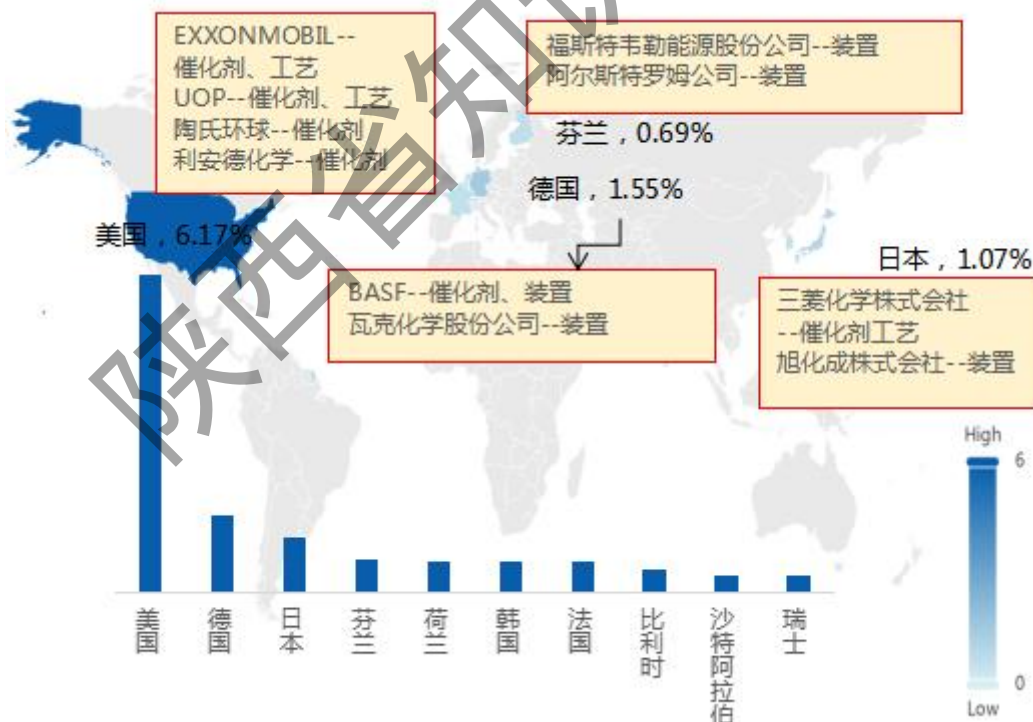


图 3-31 煤制烯烃中游技术来华申请国家分布

图 3-34 显示了煤制烯烃产业中游技术输入国家分布，由图中可以看出，煤制烯烃产业前十的主要技术输入国家分别为美国（占国内申请总量的 6.17%）、

德国（占国内申请总量的 1.55%）、日本（占国内申请总量的 1.07%、芬兰（占国内申请总量的 0.69%）、韩国、法国、比利时、沙特阿拉伯以及瑞士，其中美国是最主要的中游技术输入国，对中国市场具有较大的技术竞争，从来华技术分支来看，美国在国内的技术优势主要体现在中游催化剂以及甲醇制烯烃工艺的研究，与日本来华技术一致。

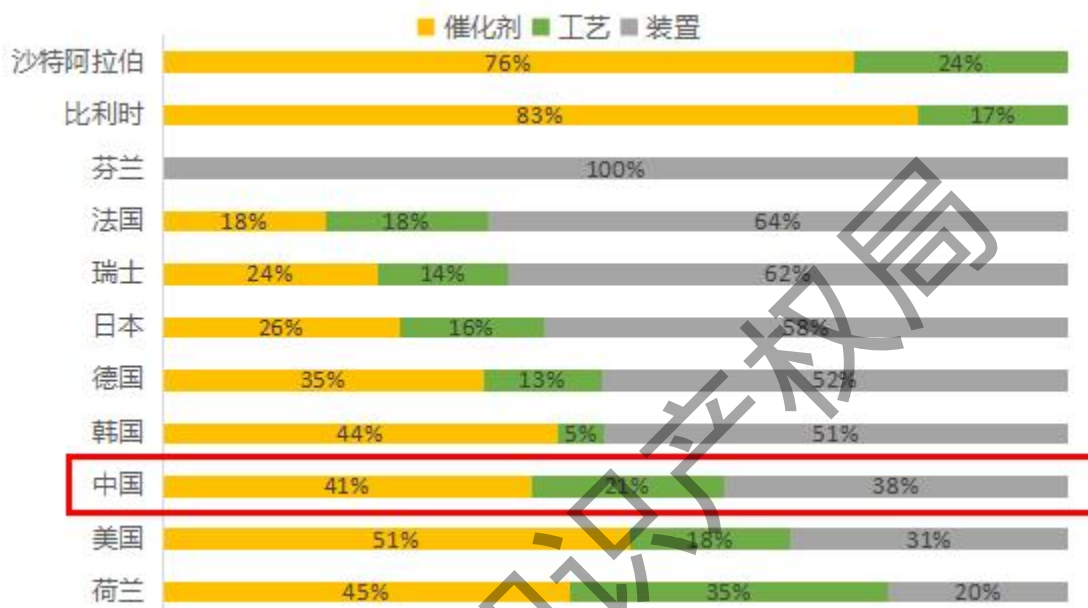


图 3-32 技术来华布局国家与国内技术构成对比

而从各个国家来华专利布局结构来看，中国现阶段的中游研究热点集中在催化剂的优化，比利时、沙特阿拉伯、美国来华催化剂的技术布局分别占 83%、76%、51%，是现阶段国内在催化剂领域的主要竞争主体。

表 3-4 各国来华布局技术分支

一级	技术分支	中国	美国	德国	比利时	日本	荷兰
催化剂	ZSM-n沸石分子筛	15.1%	18.4%	25.8%	51.7%	14.9%	28.2%
	SAPO-n磷酸硅铝分子筛	13.8%	19.0%	5.4%	17.2%	4.5%	10.3%
	费托合成催化剂	2.8%	3.4%			4.5%	5.1%
	复合结构分子筛	3.3%	2.9%		13.8%		
工艺	MTO技术	7.1%	12.4%	3.2%	13.8%	4.5%	7.7%
	污水处理	4.7%	0.6%				
	MTP技术	3.4%	1.7%	7.5%		11.9%	7.7%
	合成气制烯烃	3.0%	2.0%		3.4%		15.4%
	回收净化	2.8%	4.0%	3.2%			5.1%
	耦合联产	1.3%					
	其他	0.3%					
	流化床	22.4%	30.2%	39.8%		41.8%	7.7%
	固定床	14.2%	3.7%	11.8%		13.4%	10.3%
	整体系统	2.2%	0.6%	2.2%		4.5%	2.6%
装置	回收净化系统	1.9%	0.6%				
	其他	1.1%	0.6%	1.1%			
	换热冷却系统	0.5%					



国外企业来华布局一方面揭示了国外企业对中国市场的重视,另一方面也体现了我国在该技术的研发力量薄弱,目前,我国的专利累积优势技术创新在于ZSM-n沸石分子筛催化剂的优化、流化床的优化;而美国、德国、日本其在国内的技术突破专利累积也集中于流化床的改进,是流化床技术主要的竞争目标。而在国外企业尚未在国内展开布局的技术集中在耦合联产和热换冷却系统的优化,那国内申请人就该技术方向进一步加大国内企业的技术研发力量,形成核心技术专利壁垒,优化自身强链发展。

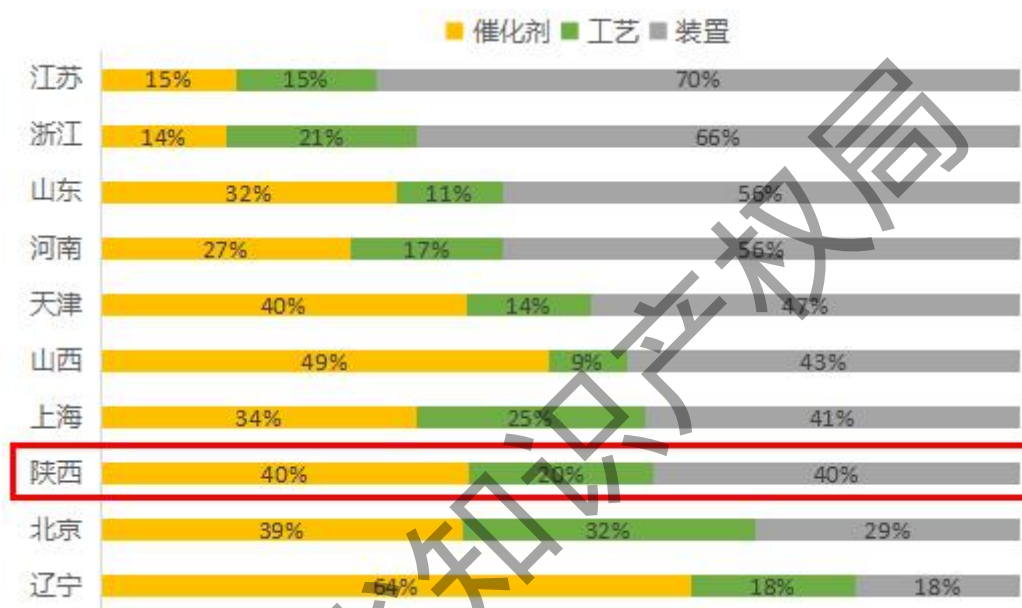


图 3-33 前十省份技术构成

统计国内各省就煤制烯烃产业中游三大技术方向布局现状,各省份现阶段的专利布局比重较大的均在装置优化,陕西其技术结构展现装置与催化剂并行发展的现状,与陕西专利累积数量相差不多的河南其在催化剂的技术比重 27%,除陕西外,辽宁、山西的催化剂比重高于陕西,陕西在中游催化剂的研究方向具有一定的技术优势;而在中游工艺具有显著优势的省份是北京,其主要创新主体中石化北京化工研究院技术贡献最大。

表 3-5 前十省份催化剂研究热点

前十省份	催化剂			
	费托合成 催化剂	复合结构 分子筛	SAPO-n磷酸硅铝 分子筛	ZSM-n沸石 分子筛
北京	11%	7%	40%	42%
辽宁	3%	13%	56%	28%
上海	8%	10%	21%	61%
山东	4%	8%	40%	48%
江苏	12%	16%	24%	48%
天津	3%	14%	64%	19%
陕西	12%	6%	38%	44%
山西	16%	9%	26%	49%
河南		13%	38%	49%
浙江	9%	21%	12%	58%

催化剂可以实现以较低成本提升烯烃收率，对甲醇制烯烃催化剂的优化也是国内、全球的研究热点，目前甲醇制烯烃工艺核心技术 MTO、MTP 所用催化剂以 SAPO-n 磷酸硅铝分子筛、ZSM-n 沸石分子筛为主，通过改变其孔径、酸性、分子筛负载及改性实现催化剂优化，近几年在复合结构的分子筛研究也趋向于大家的关注。对 ZSM-n 沸石分子筛的研究上海专利比重最大，关注度较高；天津的 SAPO-n 磷酸硅铝分子筛专利比重最大，是其主要关注热点；而浙江其催化剂研究热点比重集中在复合结构分子筛方向。同时在近年合成气一步法制烯烃，基于费托合成反应，省略甲醇制备装置，实现工艺简化，其催化剂的研究以山西为主要研究区域。

表 3-6 前十个省份工艺研究热点

前十省份	工艺						
	MTO	MTP	合成气制 烯烃	回收净化	耦合联产	污水处理	其他
北京	42%	17%	15%	11%	4%	8%	2%
上海	15%	20%	13%	19%	18%	15%	
辽宁	25%	14%	18%	6%	23%	13%	
江苏	6%	5%	4%	4%	4%	74%	
浙江	12%	26%	6%	8%	14%	34%	
陕西	12%	6%	26%	15%	3%	38%	
山东	22%	13%	3%	19%	3%	41%	
天津	28%			28%	4%	40%	
河南	4%	8%	13%	8%	8%	58%	
山西	25%		33%		8%	33%	

甲醇制烯烃现阶段的核心工艺聚焦在 MTO、MTP 工艺，近年的合成气一步法制烯烃工艺基于煤气费托合成反应机理，现行的费托合成工业过程采用铁基或钴基催化剂，省略了制甲醇的装置，简化了工艺流程，是近年中石化上海研究所的主要研发焦点；大连化物所近年在合成气制取芳烃并联产低碳烯烃的研究突破处于优势地位。污水处理工艺是现阶段江苏省比重较大的优化点。

表 3-7 前十省份产业链中游装置专利技术布局

前十省份	装置					
	固定床	流化床	换热冷却系统	回收净化系统	其他	整体系统
北京	28%	49%	1%	5%	2%	14%
江苏	34%	54%	3%	4%	4%	
浙江	43%	40%	2%	8%	3%	4%
山东	36%	52%	3%	3%	2%	5%
上海	49%	34%		11%	2%	4%
天津	44%	49%		2%	2%	2%
河南	42%	52%		1%	1%	4%
辽宁	38%	57%			3%	3%
陕西	49%	37%		10%		4%
山西	55%	38%		5%	2%	

### 3.1.2.3 产业链下游分析

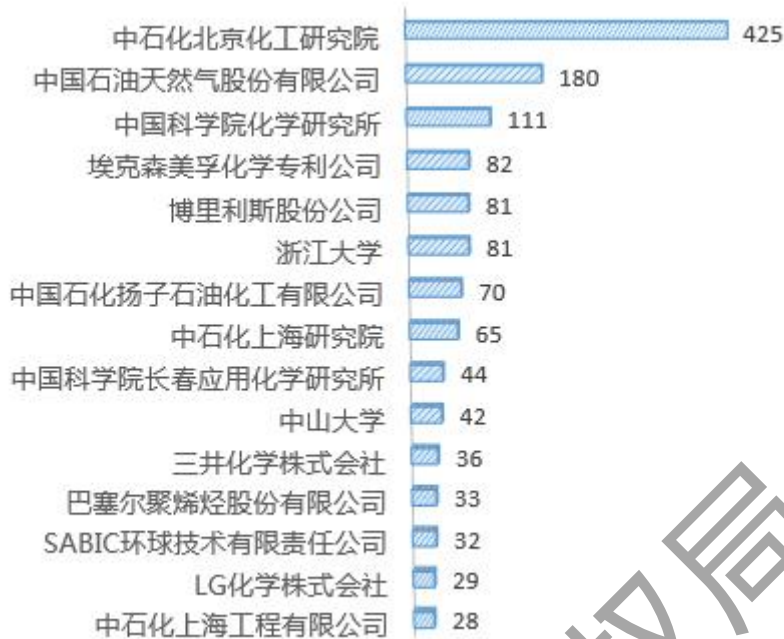


图 3-34 国内烯烃深加工下游申请人排名

从国内公开专利申请人排名在前的申请人构成来看，排名在前的十五位申请人中，跨国来华企业占据 6 位，比重达 40%，国外企业的来华布局比重揭示了我国在下游的专利控制力不足，研究力量有待进一步加强。而国内排名在前的申请人以研究院所和高校为主，是下游技术主要创新的中坚力量。

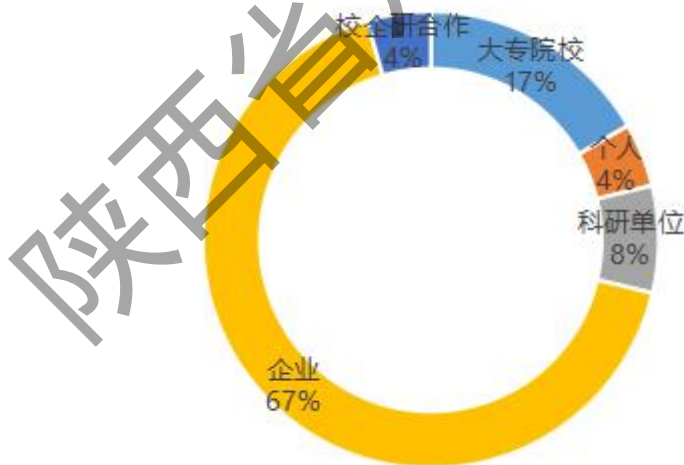


图 3-35 煤制烯烃产业下游申请人类型

对全国煤制烯烃产业下游的申请人进行申请人类型的分析，如图 3-56 所示，从中国来看，企业位于第一，占比 67%，其次是高校/科研单位，占比 25%，个人和校企合作占比最小，为 4%，对比排名在前的申请人和整体创新主体类型，在煤制烯烃产业下游中国形成了部分有竞争实力的企业，而科研单位的创新能力

占比达到了 1/4，科研单位的中坚力量也将加速产业的发展进步。

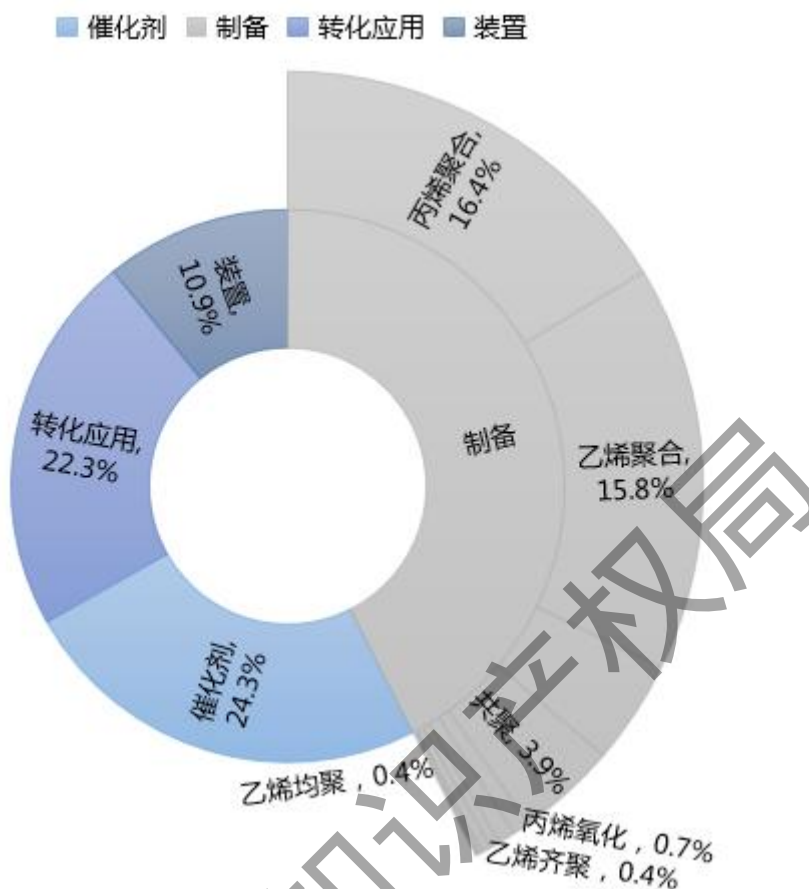


图 3-36 下游各技术分支占比

本次导航项目的分析目标主要针对下游乙烯、丙烯的深加工利用，现阶段下游烯烃的深加工改进技术分支以四大方向为主，包括了催化剂的优化（占 24.3%），烯烃转化应用工艺（占 22.3%）、烯烃聚合工艺（42.5%）、以及相关装置的改进（10.9%），以烯烃聚合工艺比重最大，其中以丙烯聚合研究为主要方向，丙烯聚合主要产品为聚丙烯；其次是乙烯的聚合工艺，对应相应的下游产品以聚乙烯为主；丙烯烷基化排列第三，其主要对应下游产品以异丙苯、苯酚为主。

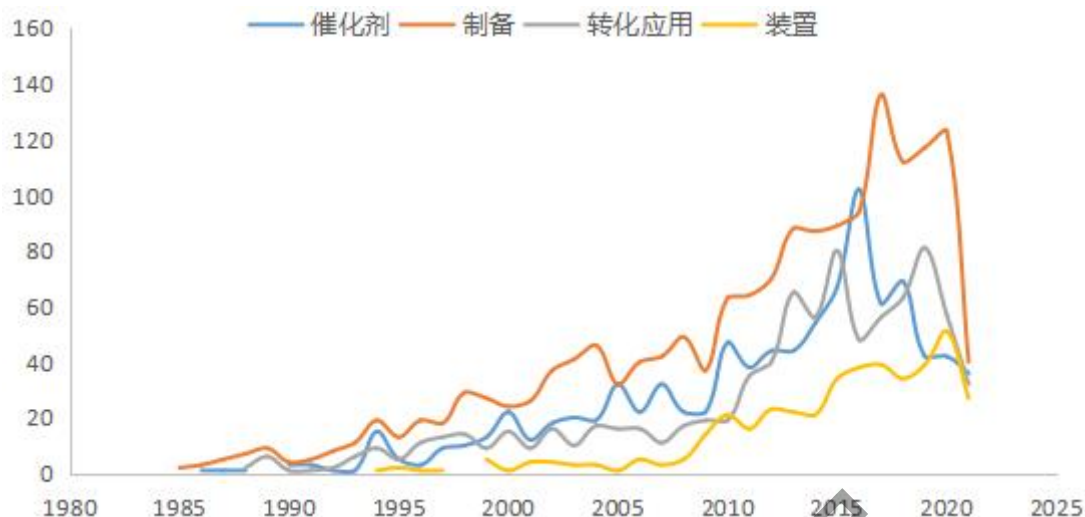


图 3-37 各技术分支申请趋势

从下游主要优化技术方向申请趋势来看，近年来在烯烃下游产品的制备工艺研究其增长态势最为明显，而转化应用与催化剂齐头并进的研发格局，相关装置系统的优化较其他分支研发时间较晚，但整体产业下游仍将在一段时间内保持增长的态势。

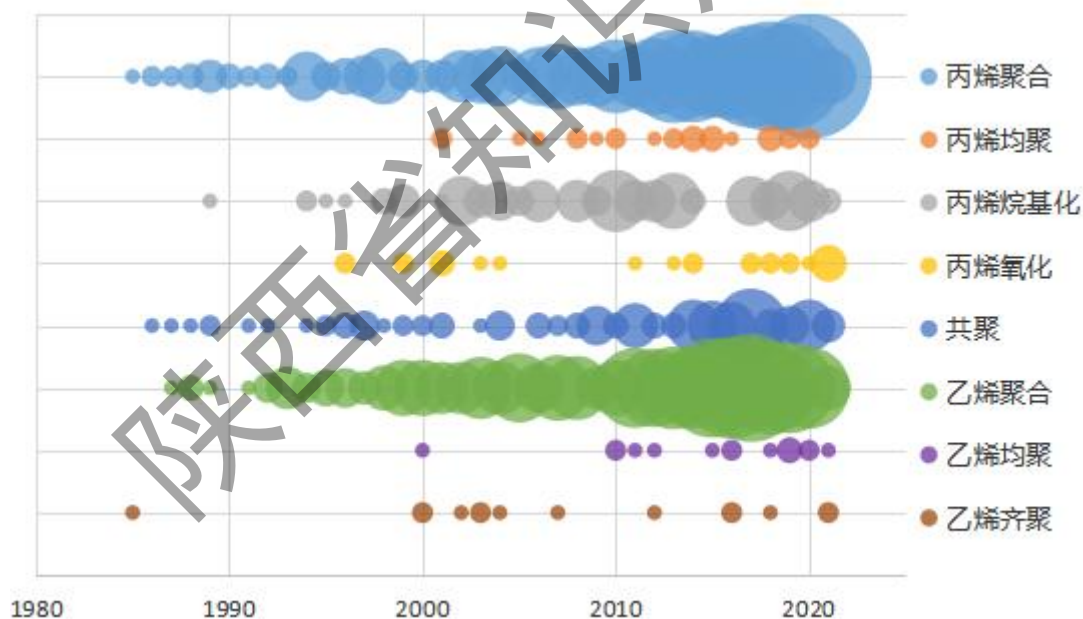


图 3-38 烯烃下游产品制备工艺专利申请趋势

围绕烯烃的深加工产品制备，目前以丙烯聚合和乙烯聚合研发热情最为集中，下游产品集中于聚丙烯、聚乙烯的制备，自 2000 年乙烯、丙烯的均聚、共聚也投入相应的研发，2015 年后，乙烯、丙烯双烯共聚、丙烯烷基化也是主要的研发增长热点，而在 2020 年，通过丙烯氧化技术制备丙烯醛、丙烯酸等高附加值产品其专利增长显著。

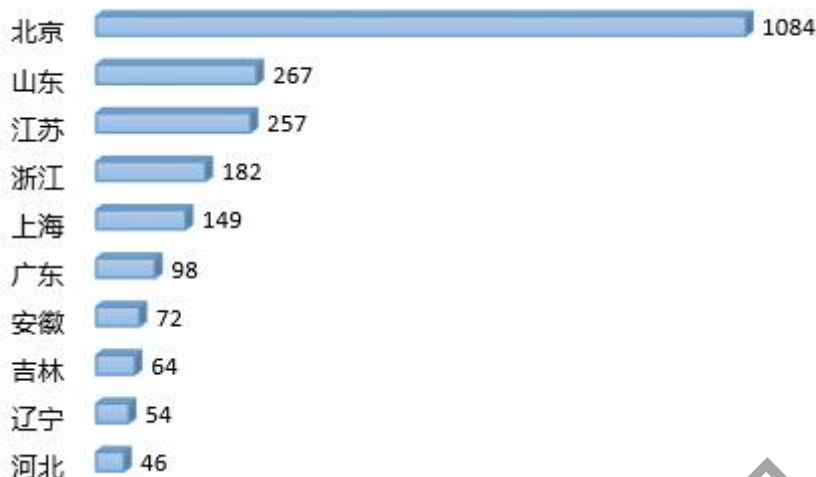


图 3-39 烯烃下游深加工技术方向国内省份排名

从目前下游烯烃深加工技术专利申请国内区域分布来看，排名前十的省份主要包括北京、山东、江苏、浙江、上海、广东、安徽、吉林、辽宁、河北，而陕西排名第十三位，整体下游技术创新实力薄弱，北京以中石化北京化工研究院为主要技术创新主体。

表 3-8 前十省份产业链下游专利技术布局

技术构成		申请人省市										
一级	二级	安徽	北京	广东	河北	吉林	江苏	辽宁	山东	上海	浙江	
催化剂		17	415	37	7	40	24	12	50	61	30	
制备	丙烯聚合	1	185	20	6	3	66	6	27	15	14	
	丙烯均聚		10				1		1			
	丙烯烷基化		79				8	2	8	7	1	
	丙烯氧化		10				2	1	1	2		
	共聚		53	1		1	14	3	5	5	15	
	乙烯聚合	4	104	10	1	12	36	9	21	31	26	
	乙烯均聚		3				1		2	3	2	
	乙烯齐聚		8								2	
转化应用		46	140	20	14	4	55	10	99	12	45	
装置		4	77	10	18	4	49	11	53	12	47	

从各省份的下游布局来看，北京在催化剂优化的研究有绝对的技术优势，山东下游以烯烃产品转化应用工艺的研究为主，江苏以丙烯聚合的研究为主，吉林的核心技术集中于催化剂的研究。

表 3-9 烯烃深加工制备工艺各省技术分布

申请人类型		丙烯 氨氧化	丙烯 聚合	丙烯 均聚/ 共聚	丙烯 烷基 化	丙烯 氧化	乙烯 聚合	乙烯 均聚	乙烯 齐聚	烯烃 共聚
北京	企业		135	6	50	9	78	3	1	45
	校企合作		8		5		6		4	3
	院所		24		13	1	34	2	2	7
江苏	企业		53	1	8		33	1		6
	校企合作		2		1		1			2
山东	院所		5	1	2		6			
	企业		22		10	1	12			3
	校企合作		1							3
上海	院所		5		1		6			
	企业	1	19		6	2	10	1		1
	校企合作		1				1			2
浙江	院所		2				13	1		
	企业		13	1	3		6			5
	校企合作						3			2
广东	院所		2		1		13	1	1	7
	企业		6			1	5			3
辽宁	院所		4				4		2	
	企业		6	1	1		2	1		
吉林	校企合作		1				1			
	院所		1			1	1			3
	企业		4				5			
陕西	校企合作		1				1			
	院所		1		1		2			1
天津	企业		5	1	1					1
	院所		2			1	3			1
天津	企业		2		1		4			
	院所		2						1	2

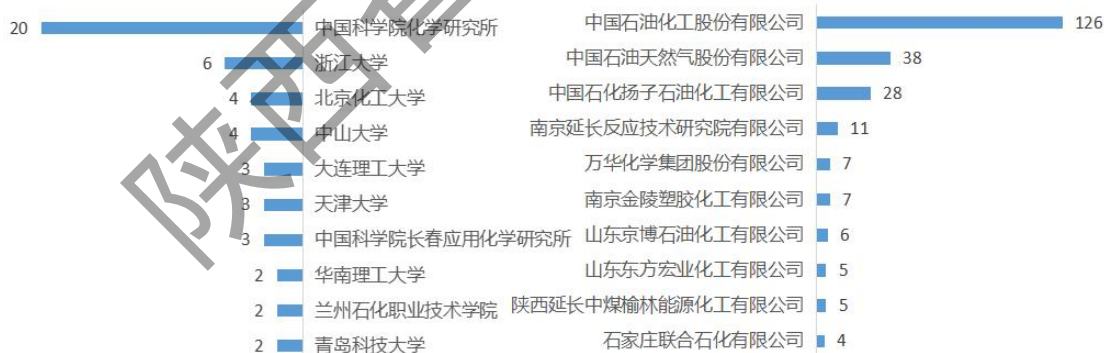


图 3-40 丙烯聚合国内主要创新主体

### 3.1.3 陕西煤制烯烃产业专利整体态势



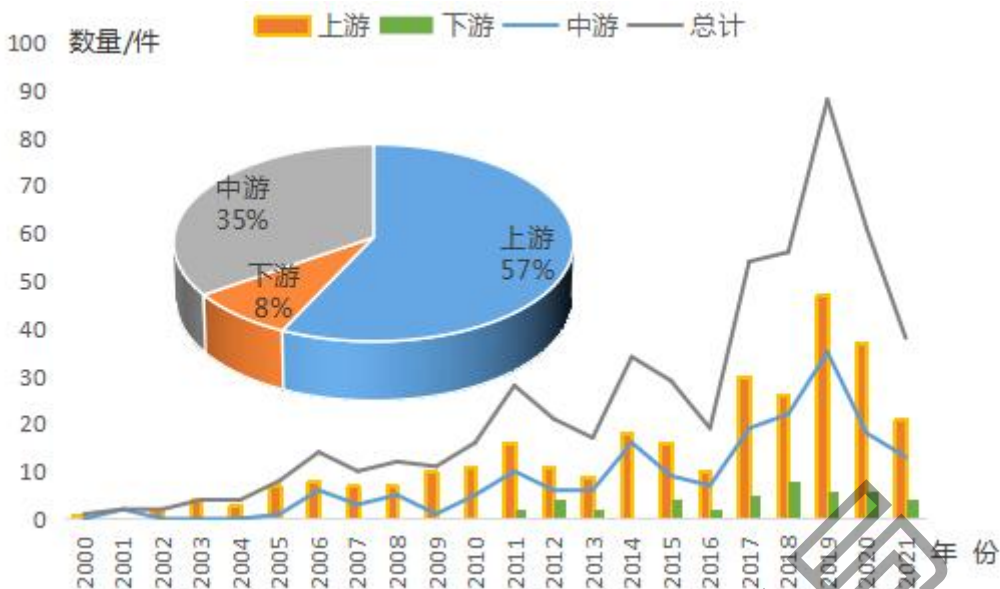


图 3-41 陕西煤制烯烃产业技术专利申请趋势

陕西煤制烯烃产业专利申请始于 2000 年，较国内产业技术投入时间晚了 15 年，较全球最早技术投入晚了 80 年，产业起步时间较晚，但目前仍处于持续增长的态势。

从产业链结构来看，现阶段陕西在煤制烯烃产业链各环节布局比重以上游为主占 57%，中游占比 35%，下游占比仅为 8%，而从各环节增长态势来看，下游虽然投入时间晚，但近年来的专利产出保持持续增长，也将是未来一阶段的陕西创新突破热点。

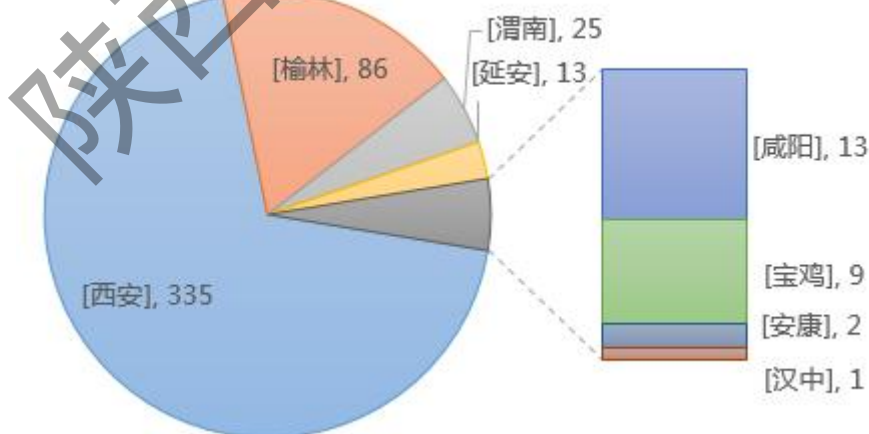


图 3-42 陕西煤制烯烃产业地市排名

陕西省煤制烯烃深加工产业专利申请量在国内排名第七位，省内的主要专利产出地市排名以西安为主，其次是榆林、渭南、延安，延安在煤制烯烃产业现有

布局专利 13 件，排名陕西省第四位。

表 3-10 省内各地市产业链技术分布

产业链	一级	二级	中国申请人地市							
			[安康]	[宝鸡]	[汉中]	[渭南]	[西安]	[咸阳]	[延安]	[榆林]
上游	工艺			1		3	29		2	22
	装置		2	7	1	17	150	8	5	35
中游	催化剂	SAPO-n 磷酸硅铝分子筛					14			1
		ZSM-n 沸石分子筛					22		1	
		费托合成催化剂					3			2
		复合结构分子筛					3			
	工艺	MTO				2	1			
		MTP					2			
		合成气制烯烃					7			2
		回收净化					2			
		耦合联产					1			
		污水处理					11		1	1
	装置	固定床					30		2	1
		回收净化系统					2		1	4
		流化床					18	3	1	3
		整体系统					2			1
下游	催化剂		1				9			1
	制备	丙烯聚合					3			5
		丙烯烷基化					2			
		丙烯氧化								1
		乙烯聚合					2			
		乙烯齐聚					1			
	转化应用						7			2
	装置						1			2

上表统计了陕西各地市煤制烯烃产业相关专利各地市布局现状，陕西目前该

产业形成以西安为技术核心，带动周边 8 个地市在该领域的研发投入，其中榆林在中游的回收净化系统、下游的丙烯聚合以及聚烯烃的转化应用均具有一定的研发优势，其得益于榆林地区丰富的上游煤基资源以及煤制烯烃项目的引进落地，大大带动了该地区的下游就地转化应用，实现了延链、强链的高附加值发展，致力于带动区域经济快速提升。

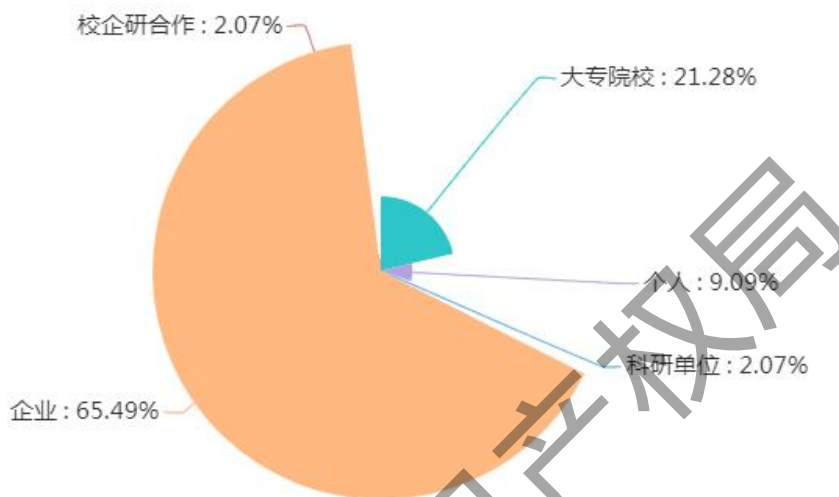


图 3-43 陕西煤制烯烃产业创新主体类型

陕西省煤制烯烃产业当前主要创新主体以企业为主，比重占 65.49%，其次是高校，而从各高校研究方向来看，除西安交通大学研究重点在上游外，其他高校的研究方向以中游核心催化剂的研究较多，其中西北大学在中游催化剂 ZSM-n 沸石分子筛领域研究成果显著。



图 3-44 陕西煤制烯烃产业专利申请人排名

统计排名在前的专利申请人，排名在前的申请人包括延长石油（集团）、西

安交通大学、西安热工研究院有限公司、西北大学、陕西聚能新创煤化科技有限公司、陕西延长中煤榆林能源化工有限公司、西北化工研究院、西安航天华威化工生物工程有限公司、陕西科技大学、陕西煤化工技术工程中心有限公司，横向对标各申请人技术研究热点，如表所示：

陕西省知识产权局

表 3-11 陕西主要创新主体技术热点

创新主体	中游										下游					
	上游	MTO	MTP	SAPO <sub>n</sub> 磷酸 硅铝分子筛	ZSM <sub>n</sub> 沸 石分子筛	费托合成 催化剂	复合结构 分子筛	固定床	合成气 制烯烃	回收净 化系统	流化床	污水处理	整体系统	催化 剂	转化 应用	丙 烯 聚 合
西安交通大学	26						1	2			4					
陕西延长石油(集团)有限责任公司	24		1		4				2		2		1	4		2
西安热工研究院有限公司	22										1					
西北大学	4			4	7		1		1	1	2					
陕西聚能创新煤化工科技有限公司	18															
陕西延长中煤榆林能源化工有限公司	1	1											1	1	2	5
西北化工研究院	12													1		
西安航天华威化工生物工程有限公司								13								
陕西煤化工技术工程中心有限公司	1	1	1	4	2						1					
陕西科技大学					1	1	1	2			3					

目前陕西省的煤制烯烃产业实现了部分创新主体的全产业链延伸，除陕西延长石油（集团）、陕西延长中煤榆林能源化工有限公司、西北化工研究院外，其余企业现阶段均未涉及下游的专利布局。

西安交通大学、延长石油集团、西安热工研究院在上游技术优势显著；同时延长石油集团在 2020 年完成了合成气制烯烃的工艺突破，实现了工艺简化，省略了合成气制甲醇装置，降低了设备投资；西北大学 2020 年公开了新型甲醇制丙烯多级孔 ZSM-5 分子筛催化剂，合成过程中无需额外引入碳模板，相较于已公开的技术，其合成时间以及经济成本大幅降低，易于工业上的合成放大，以该分子筛为基底开发出的催化剂材料，多级孔结构有利于传质，酸性适宜，在 MTP 反应中表现出优异的催化性能，在中游技术研究中具有一定的技术优势；陕西延长中煤榆林能源化工有限公司也在近年攻克了聚丙烯树脂的工业化的生产方法，同时突破了电池隔膜用聚丙烯树脂的应用领域，实现了下游聚烯烃产品的产业延伸。

### 3.1.3.1 上游专利申请趋势



图 3-45 陕西煤制烯烃深加工产业上游专利申请趋势

陕西煤制烯烃深加工产业上游专利整体申请呈增长趋势，尤其是近几年专利数量有明显增加，2020 年之后，一方面可能随着甲醇产能过剩，以及政策影响，煤制烯烃深加工技术研发更侧重中下游烯烃产品研发，同时可能受疫情影响，以及审查阶段未公开专利，近两年陕西上游专利数量有所下降。

#### (1) 技术分支构成及申请趋势



图 3-46 陕西煤制烯烃深加工产业上游专利技术分支申请趋势

陕西煤制烯烃深加工产业上游专利技术分支主要包括装置以及工艺两部分，其中主要为针对装置的专利申请，占比 79%。工艺相关专利申请开始于 2006 年，2008 年之后，专利申请较为连续，但每年专利申请量低于装置，这可能由于工艺技术研发创新难度大，同时国内上游煤制甲醇技术已较为成熟，技术拥有主体主要为中科院、中石化的研究院以及清华大学等高校，陕西在上游可进行专利申请以及技术研发的空间并不大。

### (2) 申请人排名



图 3-47 陕西煤制烯烃深加工产业上游专利申请人排名

陕西煤制烯烃深加工产业上游专利数量排名前十的申请人主要为企业、高校以及科研院所，包括陕西延长石油、西安热工研究院、西安交通大学、陕西聚能新创煤化科技、西北化工研究院、陕西黑猫焦化等。

### 3.1.3.2 产业链中游分析

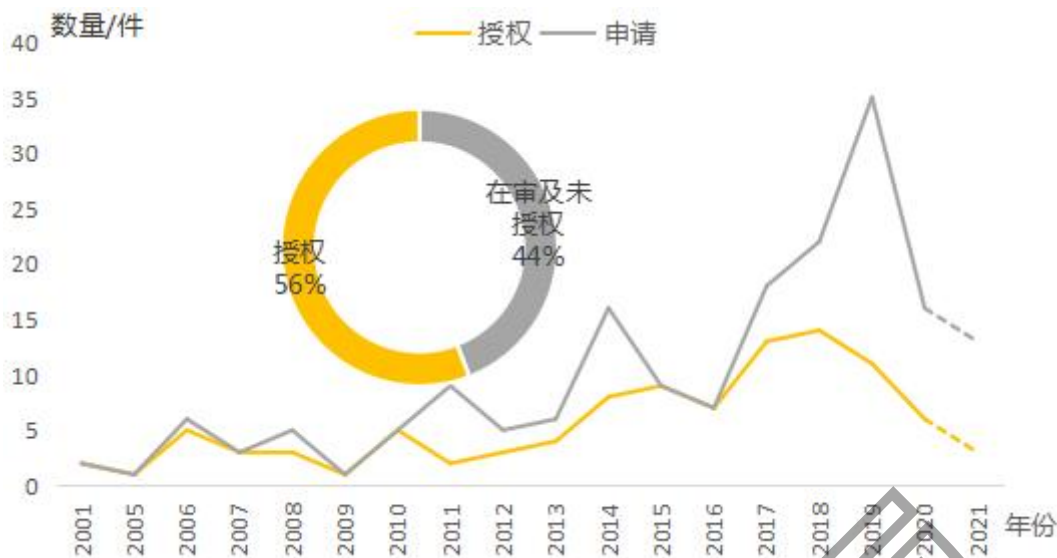


图 3-48 陕西煤制烯烃中游专利申请与授权趋势  
(因专利审查周期公开时间差, 近三年专利数量失真)

陕西煤制烯烃产业涉及中游甲醇制烯烃的专利布局始于 2001 年, 近年来中游处于持续增长的态势, 国内在中游投入研究的时间起始于 1985 年, 陕西在中游的技术投入起步晚了国内整体 16 年, 而从陕西近年的专利授权率来看, 授权比重达到 56%。

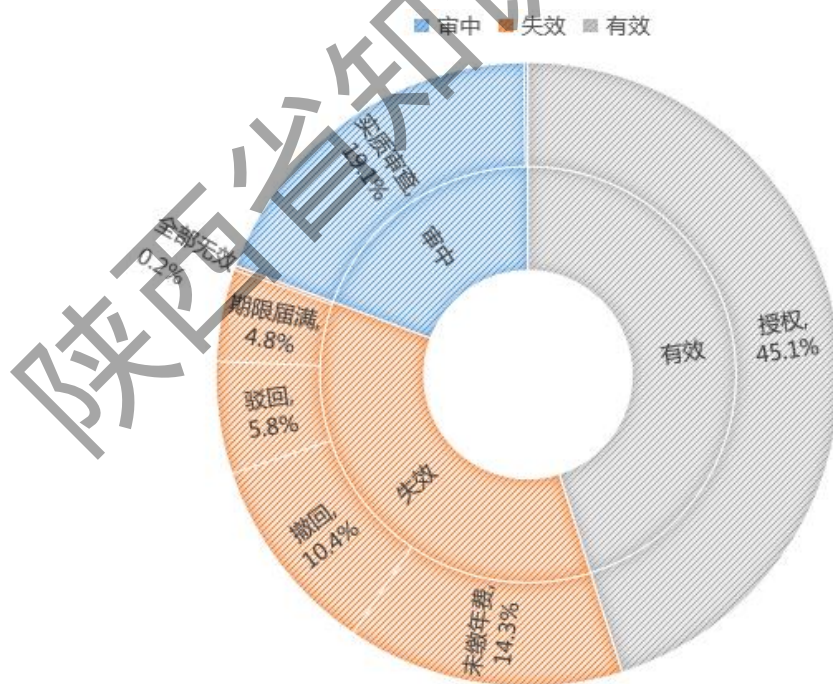


图 3-49 陕西煤制烯烃中游专利当前法律状态分布

从失效专利原因来看, 中游专利以未缴年费失效占比最大, 达到整体专利的 14.3%, 其次是撤回比重达 10%, 撤回和未缴纳费用导致专利失效占到了整体的四分之一, 专利维持有待进一步强化管理。



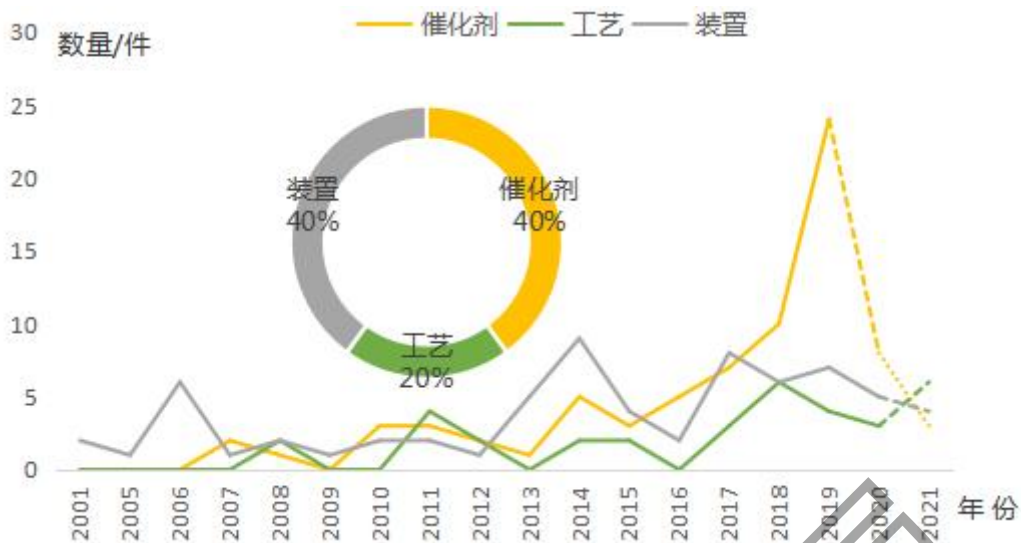


图 3-50 陕西煤制烯烃产业中游一级技术构成申请趋势及占比

目前陕西在煤制烯烃中游一级技术构成分布在装置改进、催化剂的改进以及工艺的改进，其中催化剂和装置比重各 40%，工艺优化占 20%，从申请态势来看，中游甲醇制烯烃在催化剂的改进是近年来的研究热点，其增长态势及专利申请量远高于工艺的优化，一方面工艺优化研究突破难度大，周期长；另一方面，催化剂的优化对基于现有工艺基础可以实现较小成本的烯烃产出效率提升，从而实现提高产能的目标。

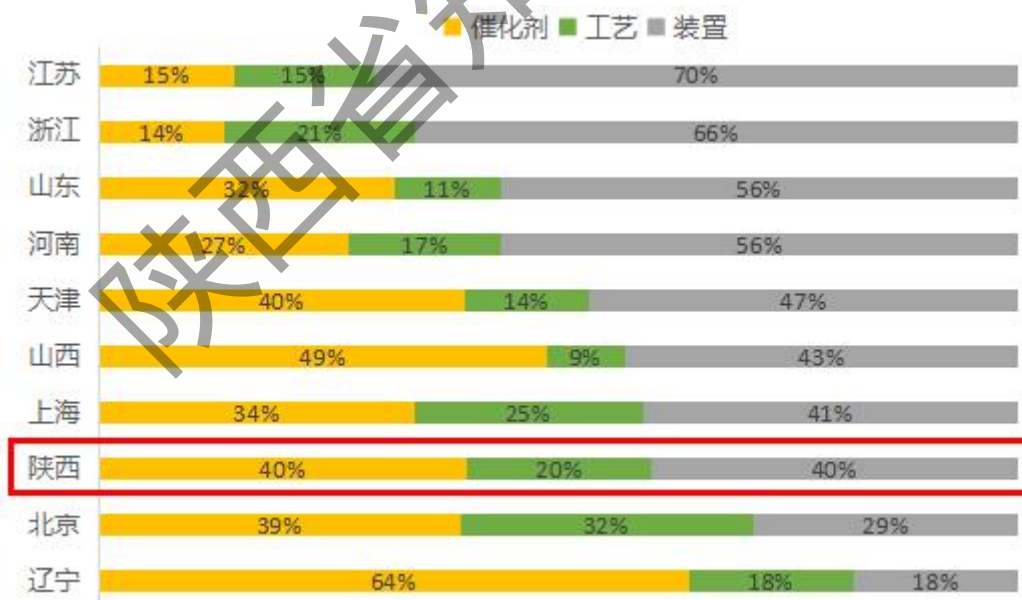


图 3-51 陕西煤制烯烃产业中游技术构成与前十省份对比

通过分析国内煤制烯烃产业中游技术的总体结构布局，可以看出现阶段煤制烯烃产业中游的整体发展热点，进而将陕西的煤制烯烃产业中游结构与排名在前的省份产业结构进行比较，可以展现陕西的优势和不足。从煤制烯烃产业中游陕

西的发展结构来看，中游煤制烯烃催化剂和装置改进是陕西的中游技术优势，其与他省份相比，辽宁在催化剂的技术优势最为显著。

表 3-12 陕西煤制烯烃中游研究热点

一级	研究热点	申请量
催化剂	SAPO-n磷酸硅铝分子筛	15%
	ZSM-n沸石分子筛	18%
	费托合成催化剂	5%
	复合结构分子筛	2%
工艺	MTO	2%
	MTP	1%
	合成气制烯烃	5%
	回收净化	3%
	耦合联产	1%
	污水处理	8%
装置	固定床	19%
	回收净化系统	4%
	流化床	15%
	整体系统	2%

现阶段在甲醇制烯烃工业化研究中，陕西在 SAPO-n 磷酸硅铝分子筛、ZSM-n 沸石分子筛的研究比重较大，其主要以高校为研究主体；工艺涉及到了污水处理、合成气制烯烃、MTO、MTP、以及耦合联产深化利用烯烃副产，合成气制烯烃是陕西师范大学、陕西延长石油（集团）为主要研究主体，通过合成气一步制成低碳烯烃，省略现有技术中常设置的合成气制甲醇装置，降低了设备投资。



图 3-52 陕西煤制烯烃技术中游申请人排名（发明人）

陕西煤制烯烃中游核心申请人前十的包括西北大学、陕西煤化工技术工程中心有限公司、西安航天华威化工生物工程有限公司、陕西延长石油（集团）有限责任公司、西安交通大学、陕西科技大学、陕西师范大学、杜成荣、新兴能源科技有限公司、陕西延长中煤榆林能源化工有限公司，其中个人申请人 1 位，杜成荣在合成气制烯烃、合成气制备低碳烯烃催化剂领域同年申请专利 7 件；高校 4 位，其中西北大学在催化剂的研究技术优势显著。

表 3-13 中游创新主体技术布局

研究热点	西北大学	陕西煤化工技术中心有限公司	西安航天华威化工生物工程有限公司	西安交通大学	陕西延长石油(集团)有限责任公司	陕西师范大学	陕西科技大学	杜成荣	新兴能源科技公司	陕西延长中煤榆林能源化工有限公司
MTO		7%								
MTP		7%								
SAPO-n磷酸铝分子筛	36%	57%			25%			29%	20%	
ZSM-n沸石分子筛	40%	21%		30%	50%	13%			40%	
催化剂	4%									
费托合成催化剂					25%	25%	13%	57%		
复合结构分子筛	8%			10%			13%			
固定床			100%	20%			25%			
合成气制烯烃	4%				25%	50%		14%		
回收净化	8%									
回收净化系统										75%
流化床	8%	7%		40%	13%		38%			
耦合联产						13%				
污水处理							13%		40%	
整体系统					13%					25%



图 3-53 陕西煤制烯烃中游技术核心发明人聚类

陕西在煤基甲醇制烯烃产业具有一定的技术优势和人才资源，通过统计目前中游核心发明人，挖掘地区人才，对标人才优势领域，充分发挥人才价值。如表所示，各核心发明人技术研究热点及其归属企业进行汇总，排名在前的代成义教授为西北大学教授、博导，其主攻研究领域“金属-沸石”多功能催化剂设计、合成及应用、C1（甲醇、甲烷、CO、CO<sub>2</sub>）催化转化制烯烃或芳烃；陈汇勇教授其主攻研究方向多级孔分子筛的设计制备与构-效关系研究、多孔材料微结构解析与多尺度模拟、分子筛催化剂开发及其在能源化工领域的应用；西北大学化工学院院长马晓迅带头组织并参与陕西多项煤化工项目，与陕西延长石油（集团）、华能集团清洁能源技术研究院、黑猫焦化股份有限公司多项目深化产学研合作。

表 3-14 陕西煤制烯烃中游发明人研究热点

归属企业	重要发明人	ZSM-n沸石分子筛	复合结构分子筛	回收净化	SAPO-n磷酸硅铝分子筛	流化床	固定床
西北大学	代成义	7	2				
	陈汇勇	3		2	4		
	马晓迅	10	2	2	4		
陕西煤化工技术工程中心有限公司	张军民	3			8	1	
	刘建斌						
	张世刚	3			8		
	陈亚妮	2			8		
西安航天华威化工生物工程有限公司	郭新峰						10
	赵仕哲						
	郜向阳						14

### 3.1.3.3 产业链下游分析

#### (1) 产业链下游专利申请趋势

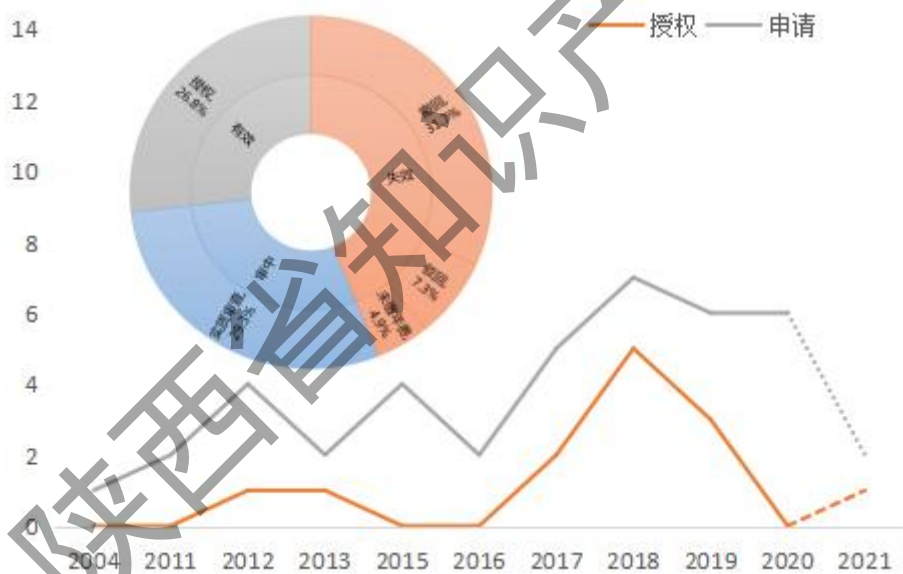


图 3-54 陕西煤制烯烃下游深加工专利申请趋势

陕西在下游烯烃深加工方向的技术投入始于 2004 年，而国内在下游的技术投入时间是 1985 年，近年来呈现较高的增长态势，从专利法律状态来看，失效专利中撤回专利比重占整体的 31.7%，未缴年费占 4.9%，两项占比达到了三分之一，在专利维持管理还有待进一步加强。

#### (2) 产业链下游各技术分支占比

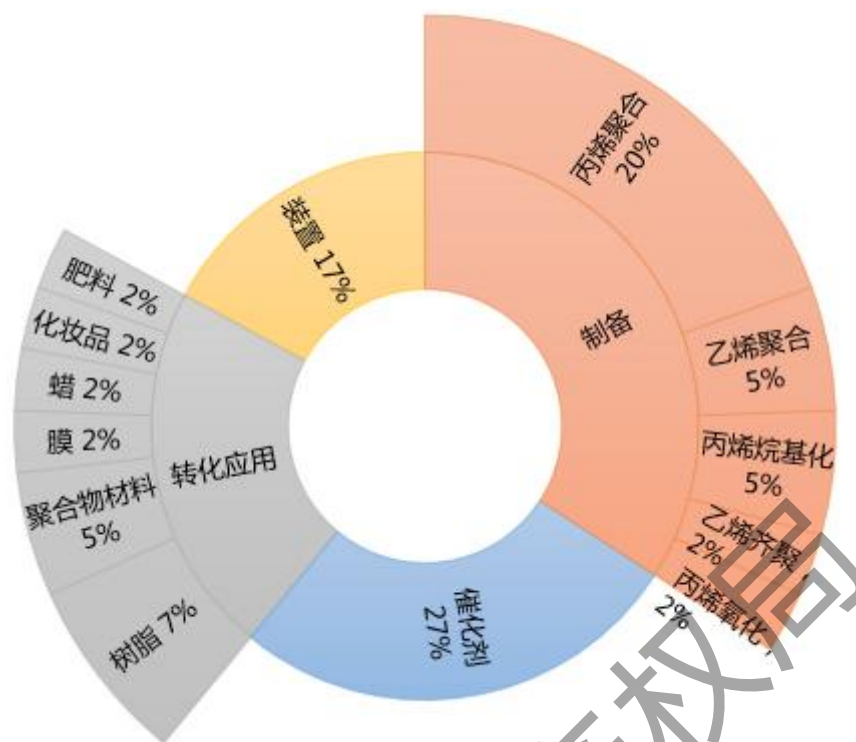


图 3-55 下游各技术分支占比

陕西围绕烯烃深加工下游主要改进方向涉猎四个方向，包括制备工艺、催化剂优化、转化应用以及装置的改进，烯烃深加工陕西投入研究的方向以丙烯聚合为主，占整个下游技术领域的 20%。

### (3) 各技术分支专利申请态势

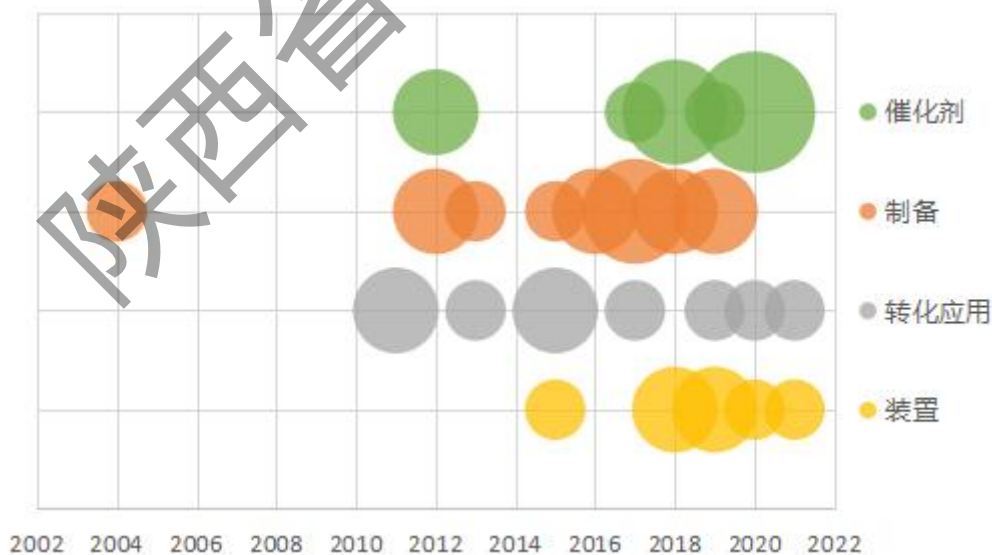


图 3-56 各技术分支申请趋势

从下游各技术分支的占比及申请趋势综合来看，陕西省在烯烃深加工下游未来一段时间将持续以催化剂和烯烃制备为主要研究方向，其中丙烯聚合是目前陕

西的优势技术，陕西延长中煤的研究电池隔膜用聚丙烯树脂的工业化，延展了陕西聚丙烯的应用转化。

#### （4）申请人排名

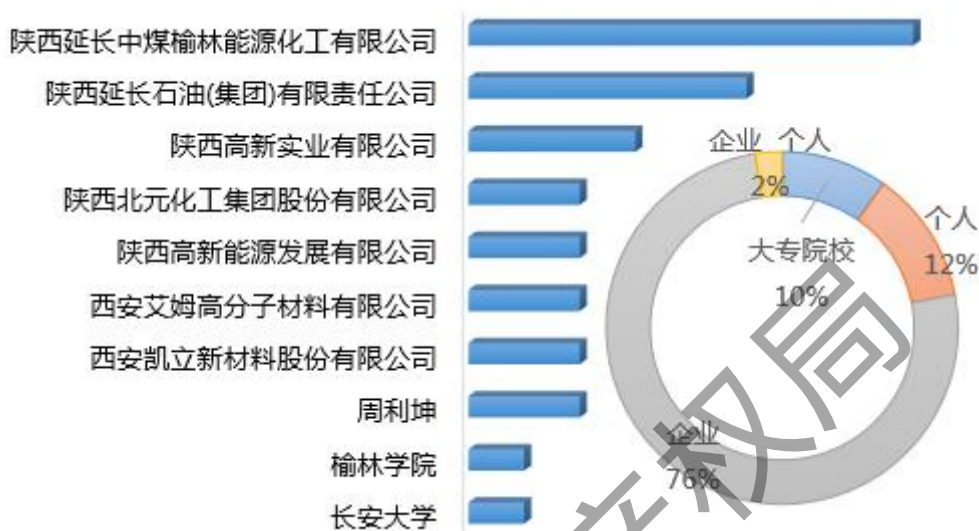


图 3-57 陕西煤制烯烃下游申请人排名

陕西省烯烃深加工下游的主要创新主体排名在前的包括陕西延长中煤榆林能源化工有限公司、陕西延长石油（集团）有限责任公司、陕西高新实业有限公司、陕西北元化工集团股份有限公司、陕西高新能源发展有限公司、西安艾姆高分子材料有限公司、西安凯立新材料股份有限公司、周利坤、榆林学院、长安大学，其中下游核心技术创新主体中高校占 2 位，个人 1 位，其余为企业；从整体申请人结构来看，企业占 76%，大专院校仅占 10%，目前陕西的烯烃深加工下游技术创新与中游不同，技术主要掌握在企业手中。

#### 3.1.3.4 陕西协同创新及专利运营概况分析

##### （1）陕西省专利技术转移情况分析

陕西省涉及技术转移的专利一共 29 件，省外技术转移区域分布于盐城（1 件）、上海（2 件）、苏州（1 件）、辽宁（1 件）等沿海各地，省内转移 24 件主要以西安、榆林企业为主。省内以上游装置技术转化为主，2020 年陕西延长石油（集团）变更 1 件合成气制烯烃工艺技术相关专利专利权人为陕西延长石油（集团）和中科院大连化物所。



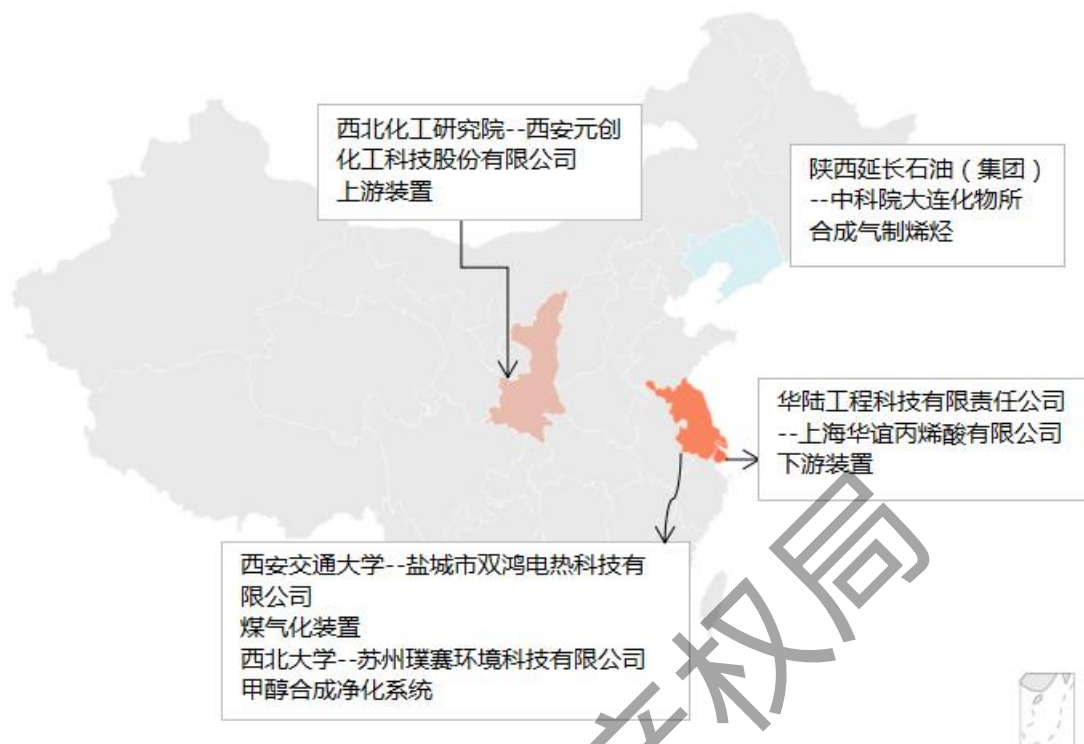


图 3-58 陕西技术转移区域分布

## (2) 省内企业的省外专利转化概况：

目前陕西已实现的技术转化围绕在煤制烯烃产业中游 MTO/MTP 工艺、催化剂的优化。具体参与专利转让的主体有四位，分别为西安交通大学、华陆工程科技有限责任公司、西北化工研究院、陕西延长石油（集团）、西北大学。近年来，合成气直接制烯烃由于路线短、能耗低的优点而受到持续关注，目前研究工作主要集中于催化剂的研发，而对于工艺流程研究相对匮乏。在合成气制烯烃工艺技术陕西延长石油（集团）有限责任公司具有一定的创新实力，联合大连化学物理研究所在院企合作方面迈出了重要的一步。2020 年，陕西延长石油（集团）有限责任公司变更专利（公开号 CN111517910A）为陕西延长石油（集团）有限责任公司、中国科学院大连化学物理研究所为共同当前权利人，通过院企联合，获得了强大的核心科研团队，进一步推动了合成气一步法制烯烃的技术研究与工业化应用进程。

分析省内转让行为可以看出：

(1) 省内转让目前多以企业内部转让为主，企业间的技术合作与转化的空间有待进一步挖掘与拓展。

(2) 以上游煤气化装置为技术基础，以西北化工研究院的主导产业发起设

立的高科技公司西安元创化工科技股份有限公司，其推动了西北化工研究院在催化净化、煤气化领域的研发成果产业化实施。

陕西引进技术就地实施概况：

2004年，中国科学院大连化学物理研究所与新兴能源科技有限公司、中国石化集团洛阳石油化工工程公司三方合作，开展甲醇制烯烃技术工业性试验，即DMTO工艺技术的研究，该工业化试验成果于2007年申请专利（CN101157593A—由甲醇或/和二甲醚生产低碳烯烃的方法），是具有自主知识产权的新技术，装置运行稳定、安全可靠，技术指标先进，处于国际领先水平，是当时世界上唯一的万吨级甲醇制取低碳烯烃工业化试验装置。

目前该专利权人已转让至新兴能源科技有限公司，由新兴能源科技有限公司实现技术的工业化实施，神华包头煤制烯烃项目投料试车的成功，标志着我国具有自主知识产权的DMTO甲醇制低碳烯烃技术成功实现了工业化应用，开创了煤基能源化工产业新途径，奠定了我国在世界煤制烯烃工业化产业中的国际领先地位，对于我国石油化工原料替代、保障国家能源安全具有划时代的重要意义。

表 3-15 陕西技术引进转化现状

序号	公开（公告）号	申请日	技术分支	专利名称	申请人	当前权利人
1	CN101157594A	2007/6/14	SAPO-n 磷酸硅 铝分子筛	甲醇制低碳烯烃过程流化床催化 剂的反应性能评价方法	中国科学院大连化学 物理研究所	新兴能源科技有限 公司
2	CN101157594A	2007/6/14	SAPO-n 磷酸硅 铝分子筛	甲醇制低碳烯烃过程流化床催化 剂的反应性能评价方法	中国科学院大连化学 物理研究所	新兴能源科技有限 公司
3	CN101157594A	2007/6/14	SAPO-n 磷酸硅 铝分子筛	甲醇制低碳烯烃过程流化床催化 剂的反应性能评价方法	中国科学院大连化学 物理研究所	新兴能源科技有限 公司
4	CN101157593A	2007/3/7	MTO	由甲醇或/和二甲基生产低碳烯 烃的方法	中国科学院大连化学 物理研究所	新兴能源科技有限 公司
5	CN101157593A	2007/3/7	MTO	由甲醇或/和二甲基生产低碳烯 烃的方法	中国科学院大连化学 物理研究所	新兴能源科技有限 公司
6	CN101130469A	2006/8/23	回收净化	一种甲醇制取低碳烯烃过程中再 生热量的回收方法	中国科学院大连化学 物理研究所	新兴能源科技有限 公司
7	CN101367699A	2007/10/31	MTP	一种制取丙烯的方法	中国科学院大连化学 物理研究所	陕西煤化工技术工 程中心有限公司
8	CN101367693A	2007/10/31	MTP	乙烯和甲醇(或/和二甲基)为原料 制取丙烯的方法	中国科学院大连化学 物理研究所	陕西煤化工技术工 程中心有限公司
9	CN101177373A	2007/8/7	MTP	甲醇或二甲基转化制丙烯的方法	中国科学院大连化学 物理研究所	陕西煤化工技术工 程中心有限公司

表 3-16 陕西省知识产权质押专利明细

序号	标题	质押次数	出质人
1	煤化工用高低压一体式十列对称平衡大型往复压缩机	4	宝鸡市博磊化工机械有限公司
2	移动床粉煤热解与流化床粉煤气化耦合装置	3	陕西华祥能源科技集团有限公司
3	循环煤气热载体流化床粉煤热解装置	3	陕西华祥能源科技集团有限公司
4	一种灰融聚流化床粉煤气化方法	2	陕西秦能天脊科技有限公司
5	一种流化床粉煤低温干馏多联产装置	2	陕西华祥能源科技集团有限公司
6	一种流化床气化炉用气体分布器	1	武晋强
7	一种流化床气化炉用气体分布器中心管	1	陕西秦能天脊科技有限公司

目前陕西省发生专利质押的专利 7 件，从技术构成来看，以上游装置专利为主，上游煤制甲醇企业由于煤加工项目工艺路线长、设备庞大、造价高、投资巨大，加大开展知识产权质押工作，可帮扶中小企业解决资金问题，完善无形资产利用价值。

### 3.1.3.5 从资本布局看产业发展方向

#### (1) 利安德巴塞尔

跨国巨头利安德巴塞尔工业利安德巴塞尔主要聚丙烯产品共 432 个牌号，包括茂金属聚丙烯、高结晶聚丙烯、无规共聚聚丙烯、特种聚丙烯、均聚聚丙烯、抗冲共聚聚丙烯等 6 大类聚丙烯。2019 年，利安德巴塞尔在烯烃和聚烯烃业务上销售额高达 1253 亿元人民币。



资料来源：公司公告，浙商证券研究所

——2015 年，利安德巴塞尔先后收购了印度的两家改性聚丙烯企业 SJSPlastiblends Pvt. Ltd. 和普纳 Zylog Plastalloys Pvt. Ltd. 公司的 PP 改性资产，包括森纳尔和钦奈的工厂。该收购将把利安德巴塞尔的汽车客户基础扩大一倍，并将成为印度第三大的 PP 改性材料企业。

——2018 年，在收购舒尔曼公司 (A. Schulman) 的基础上，成立了高性能聚合物解决方案部门 (APS)，生产和销售复合材料和解决方案，包括聚丙烯化合物、工程塑料、母料、颜料和粉末、工程复合材料 and 高级聚合物，其中包括 Catalloy 和聚丁烯-1 聚烯烃树脂，改性聚丙烯 (polypropylene compounds)。

——2019 年 10 月，宣布启动德国 Knapsack 的第五条聚丙烯复合生产线 (Polypropylene Compounds)，新增 2.5 万吨产能，总产能达到逾 20 万吨的新高，该生产基地现已成为全球最大的聚丙烯混炼工厂。这些聚丙烯产品的重要应用领域是汽车的轻量化部件，预计这种材料预计在电动汽车的电池组和引擎盖下的应用组件方面将具有极大的潜力。

2020 年初总部位于荷兰休斯敦和鹿特丹的利安德巴塞尔将开始将得克萨斯州拉波特工厂高密度聚乙烯树脂的年产能扩大 11 亿磅。到 2021 年底，公司还将在休斯顿地区增加超过 30 亿磅其他化学品的年产能。

在 2024 年之后，利安德巴塞尔有可能在得克萨斯州 Channelview 的工厂再增加 11 亿磅 HDPE，11 亿磅 PP。利安德巴塞尔的聚烯烃主要围绕改性聚丙烯打造高端产品。

## (2) 北欧化工

两年前，北欧化工进军回收行业，收购了德国塑料回收公司 mtm plastics GmbH 和其姐妹公司 mtm compact GmbH。北欧化工已将聚烯烃的循环经济当作一个实质问题，并将其作为可持续发展战略的三个重点领域之一。该公司的战略意图是成为机械回收技术的领导者，通过这种方式来提高回收率，积极推动聚烯烃的循环性。

## 3.2 陕西煤制烯烃深加工产业现状定位导航

### 3.2.1 陕西煤制烯烃深加工产业产业链定位

陕西作为中国重要的煤炭资源分布地，具备雄厚的产业基础和人才资源储备。陕西省煤化工产业 2021 年营收 1524.01 亿元，同比增长 60.32%，然而，在以煤制烯烃高端煤化工技术产业方面，陕西省的专利申请量在全国第九位，其总量占全国的 2%，与国内其他煤制烯烃产业重点区域相比也有较大的差距，因此，亟待梳理明晰陕西煤制烯烃产业现状定位，以便采取针对性措施提高综合竞争力，下面具体从以下几个方面给出煤制烯烃产业现状的定位。

陕西煤制烯烃产业结构—产业链环节较全面，主要集中在上游煤制甲醇，占整体产业链 57%，上游具备一定的产业优势；中游占比 35%，下游占比 8%，下游的深入探索将引领全产业链发展。

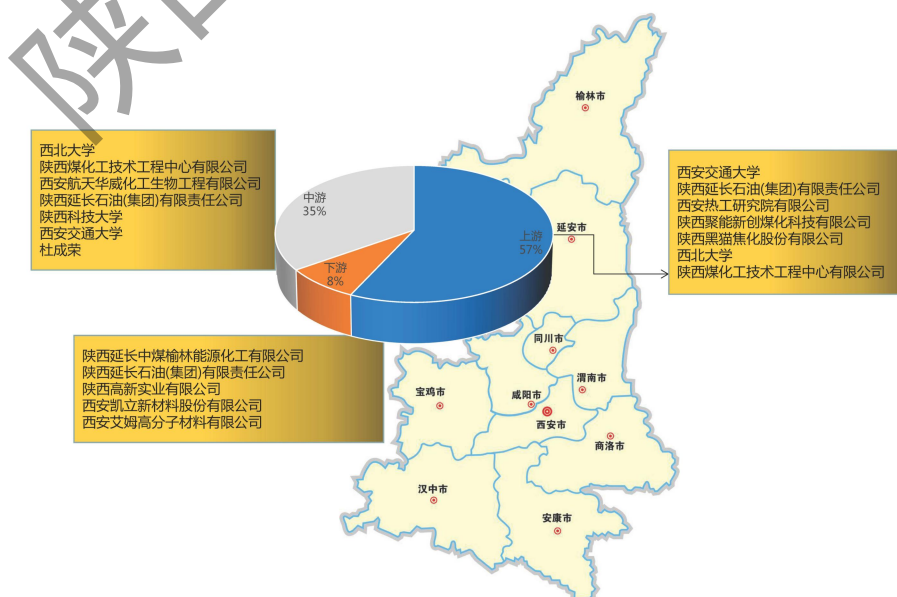


图 3-59 陕西煤制烯烃产业结构

陕西省在煤制烯烃领域已形成了煤制甲醇、甲醇合成、甲醇制烯烃、烯烃深加工应用的完整产业链，现有煤制烯烃相关企业一百二十余家，其中涉及上游环节的煤制甲醇企业 76 家，下游企业 18 家，中游企业 35 家。

### (1) 国内外产业链结构对比

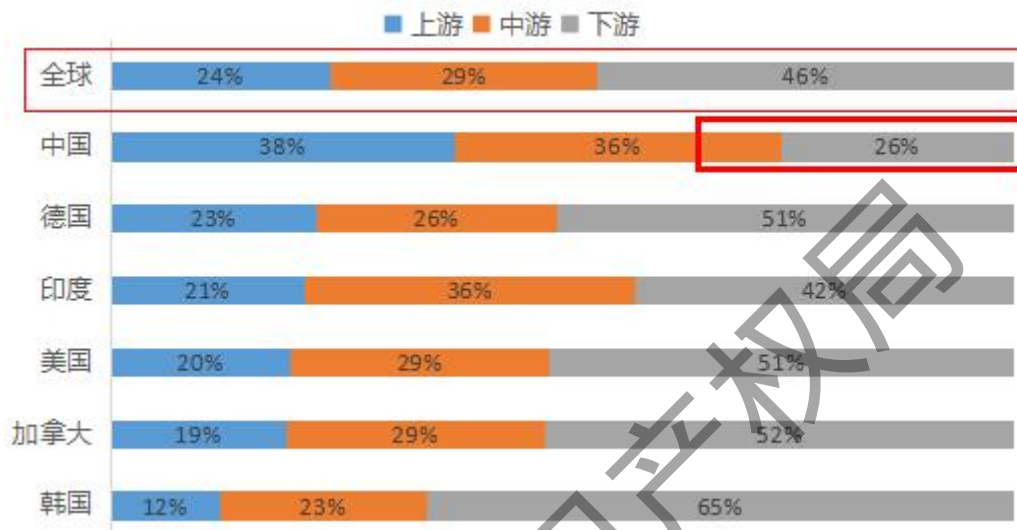


图 3-60 国内外煤制烯烃产业链结构对比

全球在煤制烯烃产业专利申请排名在前的国家主要包括 CN、US、KR、DE、CA、IN，从全球煤炭资源分布来看，截至 2020 年年底，全球已探明的煤炭储量为 1.07 万亿吨，分地区来看，亚太地区储量占比 42.8%，北美地区占比 23.9%，独联体国家占比 17.8%，欧盟地区占比 7.3%，以上 4 个地区储备合计占比超过 90%。从国家来看，美国是全球煤炭储量最丰富的国家，占全球资源的 23.2%，中国占比 13.3%，印度占比 10.3%，该产业链主要技术创新国家分布基于自然资源的优势延伸不可再生资源的深化利用。

从全球煤制烯烃产业链结构的专利申请分布来看，全球的产业链当前下游比重最大，占产业整体专利申请的 46%，其次是中游和上游，相较国内整体平均产业结构以上游比重最大占 38%，其次是中游比重达 36%，下游比重仅占 26%，整体产业构成与全球偏差较大。

横向对比其他几个国家产业链构成，美国和加拿大其产业链构成与全球分布趋于一致，现阶段在下游产业技术分布最多的国家是韩国，在扩展煤基烯烃产品深化利用技术领域具有一定的技术优势。

### (2) 陕西与其他省份产业链结构对比

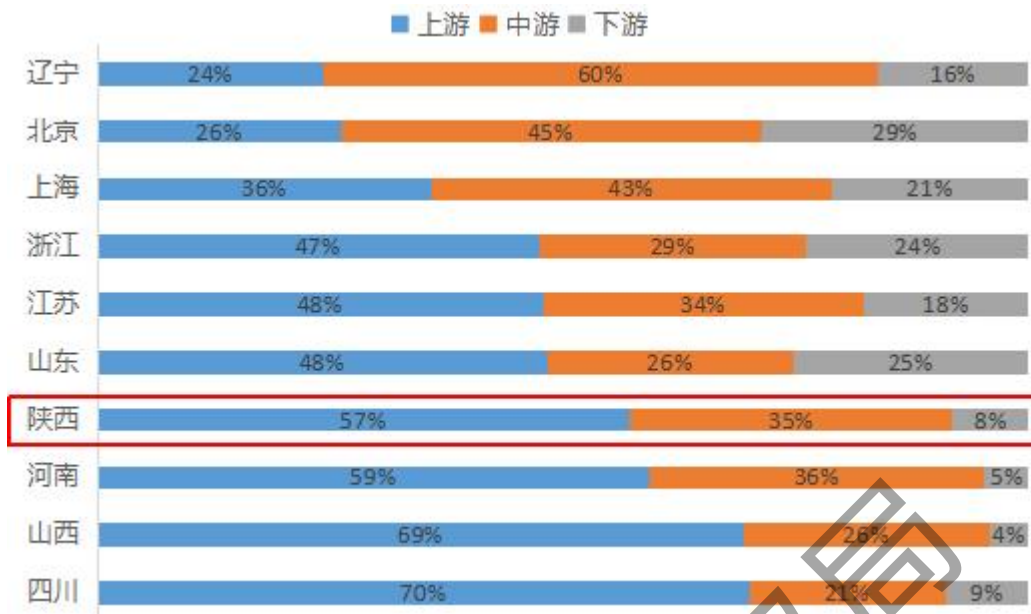


图 3-61 陕西省与其他省份专利产业链布局对比图

上图 3-77 为陕西省与其他省份产业链布局对比，专利数量方面，陕西省煤制烯烃产业专利申请量位居全国第九，从结构上看，陕西省煤制烯烃的主营业务重点位于上游环节，煤制甲醇、甲醇制烯烃、烯烃深加工的比例失调，虽然甲醇制烯烃项目、烯烃下游深加工项目数量近年来有所增长，但整体上产业链布局不够均衡。从陕西省的专利布局来看也体现了上述产业结构，上游煤制甲醇、中游甲醇制烯烃、下游烯烃深加工的专利申请分别占 57%、35%、8%，其中上游的专利比重最大，与全国的专利申请相比，陕西的产业下游比重仅占 8%，远低于全国的产业下游专利申请占比 26%，低于全球平均水平达 30% 以上，亟待下游发展提高整体全产业链发展。

### 3.2.2 陕西煤制烯烃深加工产业技术链定位

陕西省煤制烯烃产业技术链定位——技术研发布局结构不够合理，技术研发重点与全球热点不一致，涉及下游催化剂的技术研发相对欠缺。

#### (1) 一级技术布局结构比对

表 3-17 国内外煤制烯烃产业技术研究热点对比



产业链	一级	中国	美国	日本	德国	韩国	英国	法国	芬兰	荷兰	比利时
上游	工艺	8%	5%	6%	12%	6%	33%	11%	1%	12%	1%
	装置	32%	9%	8%	13%	10%	7%	19%	14%	3%	1%
下游	催化剂	11%	24%	36%	18%	33%	23%	10%	14%	29%	17%
	制备	6%	20%	21%	20%	13%	9%	18%	24%	25%	40%
	转化应用	3%	7%	14%	5%	14%	2%	2%	11%	4%	12%
	装置	2%	3%	1%	2%	1%	6%	6%	2%	2%	4%
中游	催化剂	16%	16%	5%	9%	7%	10%	9%		10%	20%
	工艺	8%	7%	3%	7%	2%	5%	5%	1%	8%	4%
	装置	14%	10%	5%	14%	13%	6%	20%	32%	7%	1%

对比国内外现阶段煤制烯烃产业技术研发方向可以发现，国内的技术研发热点在上游的装置改进，比重占产业链技术整体的32%，达到了3/1，而美国、日本、韩国的技术创新比重较大的均布局在下游的催化剂，在下游制备工艺研究具有一定技术优势的主要国家是比利时，比利时是继休斯顿之后的世界第二大化工和塑料产业集群，国内外目前产业热点差距较大，下游整体环节研究创新力薄弱。

表 3-18 陕西与其他省份煤制烯烃产业技术研究热点对比

产业链	一级	北京	江苏	山东	上海	浙江	辽宁	山西	四川	陕西	河南
上游	工艺	5%	10%	5%	12%	9%	9%	15%	19%	12%	9%
	装置	21%	38%	43%	24%	39%	15%	55%	51%	45%	50%
下游	催化剂	16%	4%	7%	12%	7%	11%	4%	2%	3%	1%
	制备	8%	8%	6%	7%	6%	2%	1%	2%	3%	2%
	转化应用	3%	3%	8%	1%	5%	1%		2%	2%	1%
	装置	2%	3%	5%	1%	6%	1%		3%	1%	1%
中游	催化剂	21%	9%	10%	17%	7%	42%	13%	7%	15%	12%
	工艺	13%	5%	3%	9%	5%	8%	2%	4%	7%	6%
	装置	12%	21%	13%	16%	17%	9%	11%	11%	13%	19%

当前陕西煤制烯烃产业技术研发热点与全球未来技术和产品创新的热点不一致，陕西的研究热点在上游的煤制甲醇装置改进，而全球的热点已调整至下游的催化剂研究，虽然目前陕西在下游催化剂已有部分专利布局，但整体与全球水平仍有较大的差距，即在下游的应用领域较窄、应用市场尚未完全形成，应用水平较弱有待进一步开发。

陕西省在煤制烯烃产业方面具备较好的资源优势，但现阶段产业的技术研发布局结构应用、制备不够合理，涉及下游的催化剂等技术投入有待进一步调整和优化。

## (2) 中游核心技术研究布局比对

表 3-19 中游催化剂技术研究重点对比

前十省份	催化剂			
	费托合成 催化剂	复合结构 分子筛	SAPO-n磷酸硅铝 分子筛	ZSM-n沸石 分子筛
北京	11%	7%	40%	42%
辽宁	3%	13%	56%	28%
上海	8%	10%	21%	61%
山东	4%	8%	40%	48%
江苏	12%	16%	24%	48%
天津	3%	14%	64%	19%
陕西	12%	6%	38%	44%
山西	16%	9%	26%	49%
河南		13%	38%	49%
浙江	9%	21%	12%	58%
陕西			48%	52%

表 3-20 中游工艺技术研究重点对比

前十省份	工艺					
	MTO	MTP	合成气制	回收净化	耦合联产	污水处理
北京	42%	17%	15%	11%	4%	8%
上海	15%	20%	13%	19%	18%	15%
辽宁	25%	14%	18%	6%	23%	13%
江苏	6%	5%	4%	4%	4%	74%
浙江	12%	26%	6%	8%	14%	34%
陕西	12%	6%	26%	15%	3%	38%
山东	22%	13%	3%	19%	3%	41%
天津	28%			28%	4%	40%
河南	4%	8%	13%	8%	8%	58%
山西	25%		33%		8%	33%
陕西	12%	9%	26%	15%		38%

## (3) 下游核心技术布局研究比对

从下游烯烃产品的聚合热点来看，陕西与全球的关注热点保持一致，均以丙烯聚合为研究热点，而陕西在丙烯氨氧化和乙烯均聚技术方向目前处于技术空白，比利时、德国、法国在乙烯聚合技术方向的研究比重较大，陕西在相关方向的研究还略显薄弱。

陕西省知识产权局

表 3-21 下游核心技术热点对比

二级	美国	日本	德国	中国	奥地利	比利时	芬兰	意大利	韩国	法国
丙烯氨氧化	0.5%	0.1%		0.1%			0.7%			1.7%
丙烯聚合	40.9%	58.5%	26.2%	53.8%	86.5%	38.8%	51.7%	35.4%	78.4%	14.7%
丙烯烷基化	9.9%	4.7%	2.9%	13.5%	0.6%		0.3%	8.9%	1.4%	11.8%
丙烯氧化	1.0%	1.5%	7.6%	2.0%				0.3%		1.3%
共聚	5.7%	4.6%	2.2%	4.1%	1.0%	2.2%	0.7%	11.7%	2.8%	7.6%
乙烯聚合	39.7%	28.9%	59.5%	23.2%	11.7%	58.8%	46.0%	39.9%	11.7%	56.7%
乙烯均聚	0.8%	0.5%	1.2%	1.4%	0.2%	0.3%		3.4%	0.4%	
乙烯齐聚	0.6%	0.7%		1.4%			0.3%		4.2%	
其他	1.0%	0.5%	0.4%	0.5%			0.3%	0.3%	1.1%	6.3%
二级	北京	江苏	山东	上海	浙江	广东	辽宁	陕西	天津	吉林
丙烯氨氧化				2%						
丙烯聚合	55%	65%	51%	33%	37%	65%	47%	62%	42%	36%
丙烯烷基化	18%	7%	15%	13%	2%		13%	15%		
丙烯氧化	2%	2%	2%	4%			7%	8%		
共聚	3%	3%	9%	4%	17%	3%	13%			
其他	1%	1%	2%	2%	2%	3%				
乙烯聚合	19%	22%	18%	37%	35%	29%	20%	8%	58%	64%
乙烯均聚	1%	1%	4%	6%	4%					
其他	2%				4%					

### 3.2.3 陕西煤制烯烃深加工产业专利链定位

陕西煤制烯烃产业专利链--专利数量少，数量增长慢，缺少核心专利。

#### (1) 产业专利申请态势

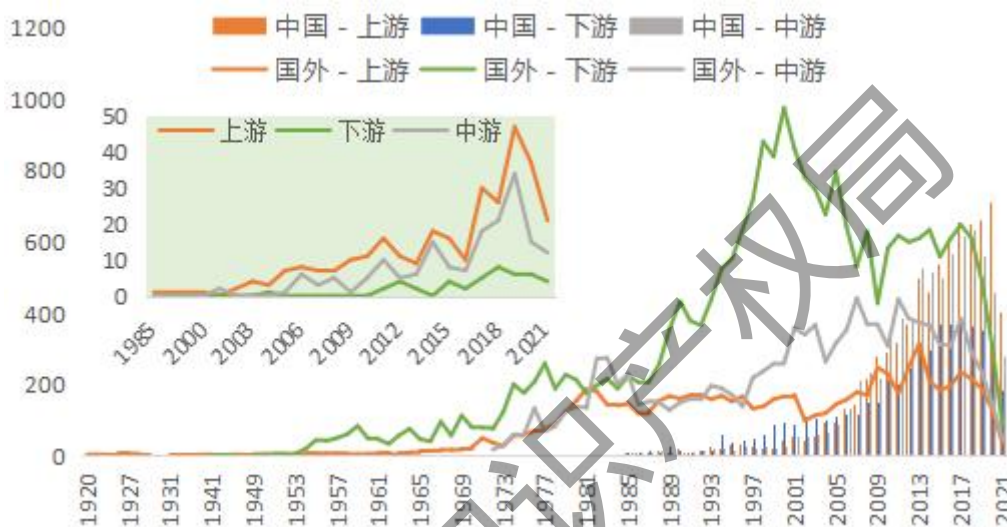


图 3-62 陕西煤制烯烃产业专利申请趋势

上图 3-83 统计了陕西煤制烯烃产业全球、全国与陕西的产业链专利申请趋势对比，一方面陕西省的专利起步早但整体专利量较少，另一方面陕西省的整体专利申请趋势与全国保持一致。

全球煤制烯烃产业专利申请可以追溯到 1920 年，中国的煤制烯烃产业专利申请始于 1985 年，且近年的增长态势高于国外，陕西省煤制烯烃产业专利始于 2000 年，其产业起步时间较早，但整体专利申请量累积较少。而从增长态势来看，陕西近年的产业链增长重点在上游，而全球的主要增长集中在下游的增长。

#### (3) 产业专利数量及质量

表 3-22 专利价值剖析

省市	申请	授权	授权率	创新主体数量	被引证次数	平均被引证次数/件
北京	5422	3895	72%	206	1099	1.4
江苏	1724	1024	59%	201	701	1.7
山东	1196	810	68%	113	448	1.5
上海	962	595	62%	79	532	1.6

省市	申请	授权	授权率	创新主体数量	被引证次数	平均被引证次数/件
浙江	952	657	69%	139	373	1.4
辽宁	855	552	65%	32	621	1.5
山西	574	412	72%	23	446	1.4
四川	561	431	77%	38	173	1.3
陕西	532	336	63%	128	243	1.6
河南	454	315	69%	66	222	1.4

陕西省专利质量一般，缺乏核心专利，对比其他兄弟省份的授权率，陕西的授权率排名第七位，处于中下游地位，从专利的被引用频次来看，陕西省在煤制烯烃全产业链仅有 27 件专利被引用次数超过 10 次，最高被引用次数 24 次，与较高的北京最高被引用次数 128 次差距较大，且全省在该产业专利的平均被引用次数排在第八位，专利平均质量一般，技术影响力还亟待提高。

### 3.2.4 陕西煤制烯烃深加工产业企业链定位

陕西煤制烯烃产业企业链定位——企业技术优势突出，专利影响力和企业间协同创新能力有待增强。

表 3-23 重要申请人技术分支

陕西重点申请人	专利申请量	产业链范围	主要技术
陕西延长中煤榆林能源化工有限公司	19	全产业链	丙烯聚合、中游烯烃回收
陕西延长石油(集团)有限责任公司	45	全产业链	ZSM-n 沸石分子筛、合成气制烯烃
陕西黑猫焦化股份有限公司	11	上游	煤基甲醇合成
陕西聚能新创煤化科技有限公司	18	上游	甲醇合成
新兴能源科技有限公司	15	中、下游	MTO/MTP 聚丙烯
陕西煤化工技术工程中心有限公司	10	上游、中游	SAPO-n 磷酸硅铝分子筛、MTO
西安交通大学	33	上、中游	复合结构分子筛、固定床
西安热工研究院有限公司	23	上、中游	煤基甲醇、流化床
西北大学	20	上中游	SAPO-n 磷酸硅铝分子筛、ZSM-n 沸石分子筛、合成气制烯烃
西北化工研究院	13	上游、下游	煤基甲醇合成、烯烃聚合催化剂
陕西科技大学	9	中游	复合结构分子筛、流化床

在不同环节存在优势的企业和高校、科研院所可以开展合作，优势互补，形成以市场应用为需求导向，开发高端下游产品，培育一批优势企业。

陕西省知识产权局

表 3-23 核心申请人技术对比

技术热点		产业链		中游											下游												
		上游		催化剂				工艺							装置	催化剂	制备							转化应用	装置		
		一级	二级	工艺	装置	SAPO-n 磷酸硅铝 分子筛	ZSM-n 沸石分 子筛	费托合成 催化剂	复合结构 分子筛	MT O	MTP	分离 系统	合成 气制 烯烃	回收 净化 系统			耦合联 产	污水 处理	丙烯 聚合	丙烯均 聚/共聚	丙烯烷 基化	丙烯 氧化	共聚			乙烯 共聚	乙烯 聚合
创新主体 比对	国外	UOP	3	24	119	22	15		90	19			13			35	19	2		43					3	5	
		埃克森	23	61	236	209	44	5	240	15	19	30	15			152	302	184	15	41		18	7	91	3	163	36
	国内	神华集团	24	66	42	20	1	11	28	19			13	3	3	26	12	8				1		5		4	8
		中科院大连化学物理研究所	63	6	278	82	5	21	56	17		13	11	33		69	53			2	1						1
		中石化上海研究院	53	42	153	124	40	18	189	54		63	12	11	1	130	88			57	2	2					4
	陕西	西安热工研究院有限公司		22												1											
延长石油集团		4	20	1	4						2				3											3	



### 3.3 陕西煤制烯烃深加工产业发展路径导航

以上分析了全球煤制烯烃产业发展的基本方向和产业发展趋势以及陕西产业发展现状，明确了陕西煤制烯烃产业升级和转型的目标和定位，在此基础上，从专利导航的角度出发，为陕西煤制烯烃产业发展指出具体的规划路径，下面具体从产业结构优化、企业整合培育优化、创新人才培养优化、技术创新引进方向、协同运营方向五个方面深入分析，给出具体的发展路径选择，为陕西煤制烯烃产业发展规划提供科学的决策参考。

#### 3.3.1 产业结构调整优化路径

产业结构调整的原则为围绕市场需求和技术发展趋势，适当调整陕西煤制烯烃产业各环节的技术构成，优化产业结构配比，基于陕西现有资源优势和技术基础，加强下游烯烃深加工产品的就地转化应用，同时兼顾产业中游优势技术的研发投入，通过技术和产品创新推动陕西煤制烯烃产业延链、强链高端发展。

##### 3.3.1.1 煤制烯烃产业结构现状

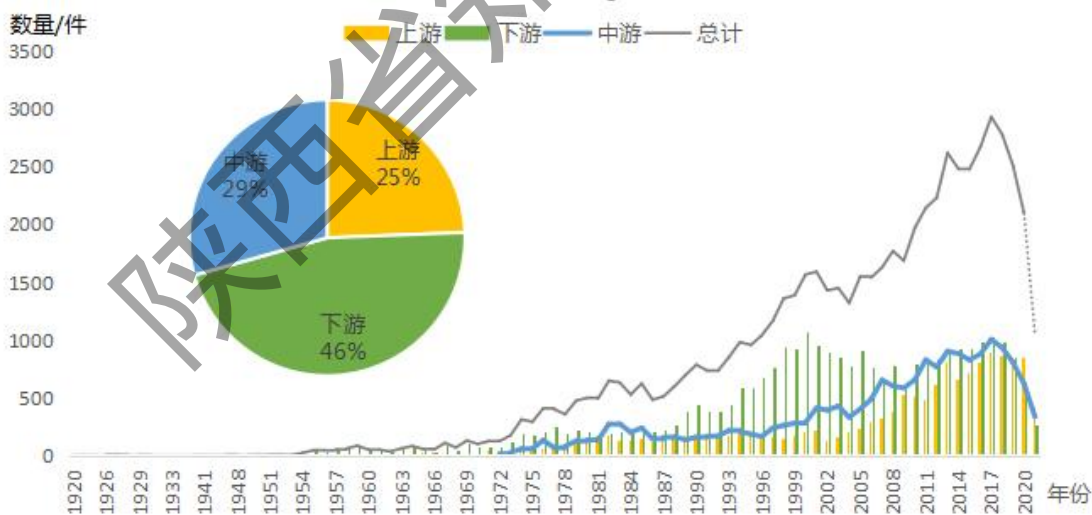


图 3-63 煤制烯烃产业链各环节专利申请趋势

从专利布局的发展趋势来看，产业结构目前整体优化方向为：由主要依靠传统上游煤制甲醇、中游甲醇制烯烃工艺工业化的实施，倒逼下游烯烃深加工高附加值产品的转化：

(1) 从全球和全国的竞争态势来看，以现阶段产业的煤制烯烃深加工产业

中占比最大的下游的发展趋势为例，基于上、中游煤制烯烃工艺的工业化实施，同时基于我国多煤少油的资源优势，实现聚烯烃产品的国内自给，倒逼未来一段时间国内的煤制烯烃产业发展中心集中在下游。

（2）基于下游烯烃深加工的高、精、尖技术特点，核心技术以科研单位所掌控，对聚烯烃产能就地转化即聚合工艺、聚合物加工技术等方面发展迅速，聚烯烃高端牌号不断丰富、品质持续提高，如高熔体强度聚丙烯、高密度聚乙烯管材专用料、透明抗冲聚丙烯、电容器薄膜专用料等产品均实现了应用突破；而陕西在下游主要以聚丙烯为主要就地转化方向，扩展了树脂、化妆品、肥料、薄膜等高分子材料的高附加值产品。

### 3.3.1.2 产业结构调整方向

从专利布局的发展趋势来看，产业结构优化总体方向为：从主要依靠产业上中游传统煤制甲醇、低碳烯烃向更多依靠产业下游聚烯烃高附加值产品创新驱动转变，基于上中游目前的产业发展技术基础，延长下游聚烯烃高附加值、高精尖产品共同发展。

#### （1）聚丙烯是陕西省煤制烯烃深加工产业的调整发展重点。

煤制烯烃深加工产业下游涉及烯烃的聚合物，包括丙烯聚合、丙烯均聚/共聚、丙烯氧化、丙烯烷基化、丙烯氨氧化、乙烯聚合、乙烯共聚、乙烯齐聚以及双烯共聚等，其中全球对下游烯烃聚合的研究热点主要为丙烯聚合、乙烯聚合、烯烃共聚，并且丙烯聚合研究最为集中，是目前下游的主要发展方向，从陕西煤制烯烃深加工下游的企业现有技术基础来看，陕西的下游烯烃深加工产品及其应用集中在聚丙烯，对聚乙烯的研究略有滞后，因此，聚丙烯是目前陕西省煤制烯烃深加工产业的调整发展重点。

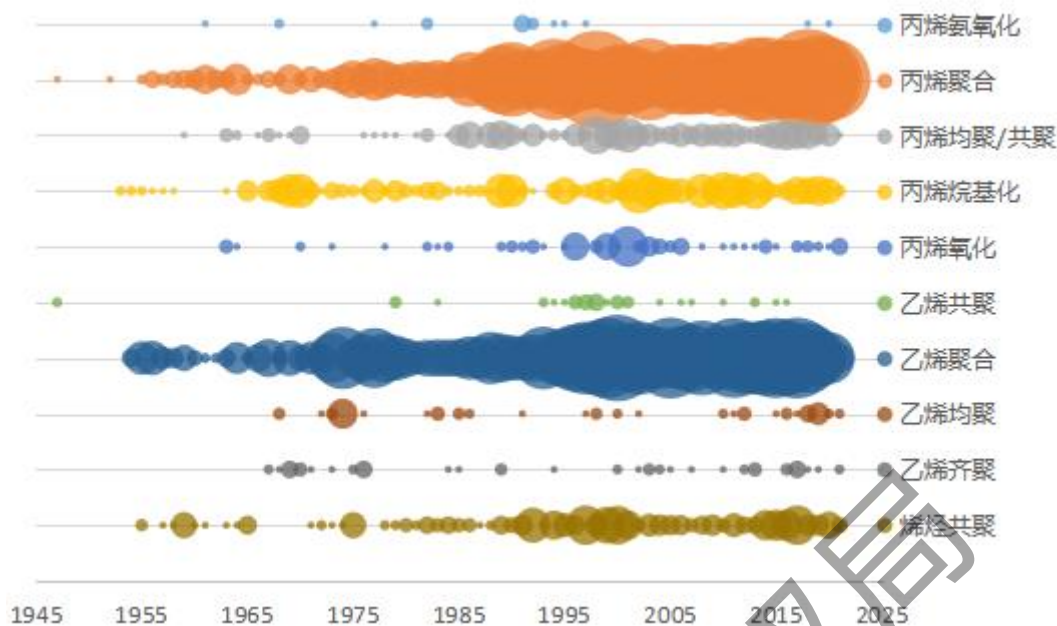


图 3-64 全球产业链下游专利申请趋势

**（2）中游煤制烯烃 DMT0 工艺及合成气制烯烃是陕西省煤制烯烃重点产业化技术优势。**

煤制烯烃深加工产业中游主要涉及甲醇制烯烃工艺、催化剂、装置改进，甲醇制烯烃工艺目前国内技术居于国际前列，其中新兴能源科技有限公司具有自主知识产权的 DMT0 工业化于 2010 年的投产，蒲城清洁能源化工有限公司于 2014 年实现投产 DMT0-II 二代技术，具有高效低耗、节能环保的显著特点，一批具有国际化前列水平的项目及核心技术在陕西的落地，是西北地区甲醇制烯烃产业的创新技术向现实生产力转化的重要举措。随着甲醇制烯烃二代技术的工业化，目前甲醇制烯烃的工艺发展突破空间缩小，近年在合成气制低碳烯烃在 2020 年陕西延长石油集团公开专利一步法直接制取低碳烯烃，省略了合成器制甲醇装置，降低了设备投资，同时该专利技术于 2020 年 9 月申请了专利权的变更，联合了中国科学院大连化学物理研究所的优势科研团队，进一步升级优化企业现有技术基础，加强企业核心竞争力。

**（3）优化产业结构比例，加大产业链下游的研发投入与资金政策扶持。**

目前陕西省煤制烯烃深加工产业链中，存在上游比例占比偏大，基于上游技术实现工业化成熟现状，在上游的技术布局应有所转移，具体表现在陕西省的产业结构比例近似于上游 57%、中游 35%、下游仅占 8%，全球产业链结构上游 25%、

中游 29%、下游 46%，与全球产业结构相比，陕西省的产业结构不合理，下游投入明显不足。

### 3.3.2 企业整合培育引进路径

#### 3.3.2.1 本地优化

陕西目前拥有多家科研、生产、加工、贸易和流通企业，企事业单位数量众多，同时同质化严重，本地企业的优化以产品链较长的企业优先进行整合和培育，关注特定环节强的企业，充分发挥具有技术优势的企业通过交叉许可、技术合作等方式实现产业链延伸及技术共享。

将陕西省煤制烯烃深加工产业专利申请量超过 10 件的申请人列为重点申请人，主要创新主体一共 6 家，其申请人产业链布局见表 5-1。如表中所示，仅三位申请人在产业链上游和中游均进行了专利布局，属于全产业链型企业。

表 3-24 陕西省重点申请人专利产业链布局

陕西重点申请人	专利数量	产业链范围	主要技术
陕西延长中煤榆林能源化工有限公司	19	全产业链	丙烯聚合、中游烯烃回收
陕西延长石油(集团)有限责任公司	45	全产业链	ZSM-n 沸石分子筛、合成气制烯烃
陕西黑猫焦化股份有限公司	11	上游	煤基甲醇合成
陕西聚能新创煤化科技有限公司	18	上游	甲醇合成
陕西煤化工技术工程中心有限公司	10	上游、中游	SAPO-n 磷酸硅铝分子筛、MTO
西安元创化工科技股份有限公司	12	上游、中游	甲醇合成

① 提升具有较全产品链重点企业可科研院所专利布局的合理性。例如陕西延长石油（集团）有限责任公司在产业链上中下游均有所布局，一共有 43 件专利申请，涉及了多个重点技术领域，其中上游申请了 25 件，下游申请了 6 件，中游申请了 12 件，因此，应加强核心企业的专利技术挖掘，引导开展与应用环节关系更为密切的技术研发和专利布局。

② 鼓励不同环节存在优势的企业和科研院所开展合作。如西北大学在中游催化剂及合成气制烯烃具有绝对的技术优势，但目前相关技术均未在陕西进行技术转化；陕西延长中煤榆林能源化工有限公司在下游聚丙烯的转化制备应用领域具有较强的技术优势，同时聚丙烯也是当前陕西的聚烯烃主要转化产品，在相关

技术发展中，可组织西北大学相关优势技术的转化对接活动，通过专利转让方式给予有相关需求的企业实现技术升级。

③ 利用陕西地区特色，如榆林经济技术开发区（榆神工业区）内，神华、兖矿、延长石油、陕煤化等国内知名企业，加强本地企业在产业链各环节产品、技术的互补或合作。

### 3.3.2.2 企业引进

目前陕西在聚烯烃下游产品结构单一，以丙烯聚合（聚丙烯）、丙烯烷基化（异丙苯、苯酚）、丙烯氧化（丙烯醛、丙烯酸）、乙烯聚合（聚乙烯）、乙烯齐聚（ $\alpha$ -烯烃），尚未涉猎的下游产品包括了双烯共聚物、丙烯羰基化、丙烯水合、丙烯环氧化、丙烯氨氧化等高附加值产品，在除了培育优化本地企业技术基础和技术就地转化外，加强与国内优势企业或科研院所之间的合作，积极引进在产业链上具有优势的企业和科研院所。在中游陕西延长已与大连化物所形成技术合作，针对延长集团下游的扩展，中石化北京化工研究院、中科院长春化学应用研究所具有较强的研发实力。

在下游扩展技术研发实力较强的除了中石化、中石油外，综合考虑引进的实施可能性和主体技术方向，列举部分可引进企业名单以供参考。

表 3-25 下游可引进企业列表

申请人	专利数量
万华化学集团股份有限公司	8
北方科技有限公司	8
南京金陵塑胶化工有限公司	7
扬子石油化工股份有限公司	6
北京华福工程有限公司	6
山东东方宏业化工有限公司	5

### 3.3.2.3 企业合作、并购分析

(1) 形成企业与高校/科研院所的常态化合作，提升本土企业的技术水平和产业化进程。

目前陕西省煤制烯烃深加工产业下游环节企业力量薄弱，下游的烯烃聚合化工以及催化剂又属于高技术、高投入、高产值的行业，资金门槛高，3-92 列出

了目前陕西在该产业下游的部分企业的注册情况，由该表可以看出，目前煤制烯烃深加工产业下游相关的企业大多成立时间晚，但资金实力较为雄厚，形成了以陕煤和陕西延长集团为主导的两大核心力量，除此之外，在下游的企业专利池中，加强与西安艾姆高分子材料有限公司、陕西聚能新创煤化科技有限公司的技术合作，进一步扩展核心企业的专利覆盖面。

表 3-26 陕西煤制烯烃深加工产业部分企业注册情况

企业名称	专利申请量	成立时间	注册资金(万)
陕西延长石油(集团)有限责任公司	38	1996年	1000000
蒲城清洁能源化工有限责任公司	3	2008年	700000
陕西聚能新创煤化科技有限公司	18	2019年	300
陕西延长中煤榆林能源化工有限公司	14	2008年	1353900
西安艾姆高分子材料有限公司	3	2011年	800
陕西北元化工集团股份有限公司	2	2003年	361111.1112

与省外高校/科研院所的合作也是企业扩展的主要途径，目前大连化学物理研究所已与省内企业针对煤制烯烃技术开展合作，煤制烯烃深加工产业下游扩展省外高校/院所的技术研究方向，给予省内企业合作的方向。

表 3-27 陕西煤制烯烃深加工产业省外主要高校/院所技术布局

技术分支	核心高校/科研院所									
	中科院化学研究所	中科院长春应用化学研究所	中科院上海有机化学研究所	中山大学	浙江大学	北京化工大学	大连理工大学	复旦大学	华东理工大学	天津大学
催化剂	36	54	23	35	28	32	25	23	11	10
制备	丙烯聚合	17	3	1	4	6	4	3	1	3
	丙烯均聚	1								
	丙烯烷基化					1	3	1	1	
	丙烯氧化									
	共聚	4	1			7		2	1	1
	乙烯聚合	15	5	8	5	8		2	4	
	乙烯均聚			2		2				
乙烯齐聚	4				2					
转化应用	15	3		1	13		2			1
装置	8		1		13	2	1			2

## （2）企业并购计划难以实现，招商引资空间巨大。

陕西省煤制烯烃深加工产业的现有企业形成以陕煤集团、延长集团为首的两大核心力量，并且技术实力较强，而陕煤控股子公司蒲城清洁能源化工有限责任公司近3年下游布局专利数量较少，在技术研发的延续性被打断，与该企业在技术方向上一致，与企业存在竞争关系，规模相当或略小的企业数量少，根据对专利的引证分析和资料调查，仅有山东东方宏业化工有限公司，但该公司已是北京惠尔三吉绿色化学科技有限公司、洛阳市科创石化科技开发有限公司子公司，因此企业难以找到合适的并购对象。

基于陕西省煤制烯烃深加工产业下游相对薄弱的现状，根据全球目前产业主体的实力现状，可以有针对性的引进具有发展潜力的企业，提升陕西煤制烯烃深加工产业下游的整体水平。从下游全球主要创新主体排名来看，核心企业以跨国龙头化工企业为主，由于该类型企业具有极强的综合实力，这样的企业难以引进，因此在给地方政府做企业引进建议时，重点考虑以国内企业为招商引资对象。

表 3-28 核心申请人下游技术构成

技术分支	企业专利布局				
	合肥蓝科新材料	中国神华煤制油化工有限公司	石家庄联合石化	万华化学集团股份有限公司	潍坊硕邑化学有限公司
催化剂		12		19	
制备	丙烯聚合	8	4	4	1
	丙烯均聚				
	丙烯均聚/共聚				
	丙烯烷基化			7	
	丙烯氧化			1	
	共聚	1			
	其他				
	乙烯共聚				
	乙烯聚合		5		1
	乙烯齐聚				
转化应用	20	4		1	10
装置		8	6		3

另外基于陕西煤制烯烃产业延链发展，实现本地产品配套延链，对准省内重点发展配套延长、西橡子午线轮胎、陕西科隆等橡胶制品加工企业需要的丁腈、乙丙等合成橡胶，依托目前陕西甲醇原料及烯烃产能扩张发展，引进相关下游企业。

综合考虑下游技术延展和陕西目前技术基础的技术互补性，万华化学集团股份有限公司为优先考虑的招商引资企业，合肥蓝科新材料有限公司、潍坊硕邑化学有限公司为待选企业。

### 3.3.3 创新人才培养路径

对陕西省煤制烯烃深加工产业的重点发明人进行分析，发现存在以下问题：

#### （1）重点发明人少，发明人专利数量少。

重点分析 3 家核心申请人排名第一的发明人，并将这些发明人与全国、全球重点申请人的重要发明人进行比对，如表 3-95，与国内前三、全球前三相比，重点发明人在专利数量上差距悬殊。



表 3-29 重要发明人对比

企业名称		发明人	专利数量
陕西前三	西北大学	代成义	10
	西安热工研究院有限公司	许世森	9
	陕西延长石油(集团)有限责任公司	李大鹏	8
国内前三	中国石油化工股份有限公司上海石油化工研究院	李剑锋	52
	中国石油化工股份有限公司北京化工研究院	亢宇	51
	中国石油化工股份有限公司北京化工研究院	王世波	50
全球前三	中石化上海化工研究院	齐国祯	237
	MITSUI TOATSU CHEMICALS	ASANUMA TADASHI	129
	BOREALIS AG	WANG Jingbo	83

(2) 以重点申请人技术领域和技术实力的综合考虑，能力较强的重点发明人较为欠缺。

表 3-30 重要发明人中游技术手段对比

归属企业	重要发明人	烯烃				芳烃				
		ZSM-n沸石分子筛	复合结构分子筛	回收净化	SAPO-n磷酸硅铝分子筛	煤气化/制甲醇	芳烃烷基化	甲醇制二甲苯	甲醇芳构化	合成气制芳烃
西北大学	代成义	7	2				2	3		
	陈汇勇	3		2	4			3	1	
	马晓讯	10	2	2	4			3	1	
陕西煤化工技术工程中心	张军民				8		10			
	刘建斌	3					10			
	张世刚	3			8					
	陈亚妮	2			8		5			
陕西延长石油	李大鹏					7				
	李晓宏					10				
	杨东元									4

陕西省的重点申请人在技术手段的覆盖能力上较弱，具有综合研发能力的发明人比较欠缺。从本地培养角度来看，陕西省本地的一些高校和科研院所如西北大学、交通大学等拥有较多的科研人才；在人才引进中还可以优惠的人才引进政策，吸引外部创新型人才，充分挖掘现有高校、科研院所和重点企业的核心发明人，通过引进、合作的方式丰富陕西省煤制烯烃产业的人才梯队，逐步形成高水平的研发团队，充实陕西省煤制烯烃产业高质量发展的人才支撑。

## 3.3.3.1 人才引进建议

表 3-31 国内煤制烯烃核心发明人技术研究方向及归属

发明人	申请人	研究方向	专利数量
金国新	中国科学院长春应用化学研究所	催化剂	4
		制备	1
黄启谷	北京化工大学	催化剂	15
		制备	2
傅智胜	浙江大学	催化剂	9
		制备	5
		转化应用	3
王海华	中山大学	催化剂	13
		制备	1
李悦生	天津大学	催化剂	2
		制备	2
孙文华	中国科学院化学研究所	催化剂	7
		制备	4
		转化应用	1
缪长喜	中国石油化工股份有限公司	催化剂	122
		工艺	3
孔德金	中国石油化工股份有限公司	催化剂	43
		工艺	79
		装置	2

以下游产业链人才引进为重点，中国科学院长春应用化学研究所的金国新教授团队、北京化工大学的黄启谷教授团队、浙江大学的傅智胜教授团队、中山大学的王海华教授团队、天津大学的李悦生教授团队、中国科学院化学研究所的孙文华教授团队、中石化集团公司高级专家缪长喜，以及中石化集团公司首席专家孔德金，均具有一定的研究基础。

## 3.3.3.2 本地人才培养



### 3.3.5 专利布局协同运用路径

#### 3.3.5.1 专利区域布局和重点专利状况

##### （1）专利区域布局

陕西省的专利布局非常集中，以中国市场为主。陕西煤制烯烃深加工产业专利总量 481 件，其中专利均为国内申请，暂无 PCT 海外专利布局。

##### （2）重点专利状况

**陕西煤制烯烃深加工产业专利数量少，数量增长慢，中游掌握核心专利，下游主要申请主体少但具有一定技术优势。**

一是陕西在煤制烯烃深加工产业的专利总量少。整体来看，陕西省虽然积累了一定数量的专利，但煤制烯烃产业专利总量为 481 件，是全国专利总量的 2.6%，远低于北京（5393）的占比 29.5%。

二是陕西煤制烯烃深加工产业起步晚，增速非常缓慢。全球煤制烯烃深加工产业的发展最早可以追溯到 1920 年，并且近年来仍保持较高的申请热情，中国煤制烯烃深加工产业的开始起始于 1985 年，目前正处于技术调整期，陕西在煤制烯烃深加工产业的专利布局始于 2000 年，其起步晚，且其增长趋势未表现出成长期快速增长的态势。陕西在煤制烯烃深加工产业，尤其是中下游专利竞争力较弱，产业化市场能力不足，产业化进程滞后。

三是陕西省煤制烯烃深加工产业企业数量少，部分企业具有一定的技术实力。陕西省在煤制烯烃深加工产业布局专利超过 10 件的主要申请人仅有 10 位，为陕西延长石油(集团)有限责任公司、西安交通大学、西安热工研究院有限公司、西北大学、陕西聚能新创煤化工科技有限公司、西安航天华威化工生物工程有限公司、陕西延长中煤榆林能源化工有限公司、陕西华祥能源科技集团有限公司、西安元创化工科技股份有限公司、陕西煤化工技术工程中心有限公司，其中西安交通大学研究方向偏产业上游，陕西延长石油、陕西煤化工技术工程中心以及西安元创化工科技股份有限公司专利技术涉及全产业链。其他申请人的专利量都极少，并且近年来年专利申请平均复合增速较慢。

四是陕西省煤制烯烃深加工产业平均被引次数都处于第 6 位，专利平均质量处于中等水平。陕西在煤制烯烃中游已成功通过新兴能源科技有限公司实现大连化物所核心技术 DMT0 的现实生产力转化，作为甲醇制烯烃（DMTO）技术专利商，

新兴能源科技有限公司已在国内签订多套 DMT0 技术许可合同，奠定了陕西中游技术的国际领先地位。下游以陕西延长中煤榆林能源化工有限公司为首的陕西省规模最大的聚烯烃供应商，其在下stream聚丙烯的转化应用 2021 年公开专利 CN112876591A（一种电池隔膜用聚丙烯树脂的工业化生产方法），在该转化应用领域目前尚未见到利用中国石化第二代环管工艺设备开发的生产低灰分电池隔膜用聚丙烯树脂的报道，具有一定的技术优势。

### 3.3.5.2 陕西合作和专利联盟政策建议

目前，陕西省内的企业间煤制烯烃深加工产业协同合作已有雏形，但数量较少，产业联盟尚未建立，结合产业优化发展现状，重点从两个方向进行专利布局与协同运用：

#### (1) 建立产业联盟

目前陕西省煤制烯烃深加工上游企业主要主体 6 位，高校/研究院所 4 位，中游企业主体 6 位，高校/研究院所 3 位，从各主体的技术领域来看，企业和高校/研究院所技术互补空间大，寻求技术合作的可能性很强，企业和企业间建立企业联盟的可行性高，建立企业加强企业与企业，企业与高校/研究院所的合作，尝试建立产业专利联盟，实现联盟内专利池，扩大专利申请的覆盖面。以新兴能源科技有限公司为例，其掌握煤制烯烃 DMT0 工艺，可以与西北大学形成技术合作，借助西北大学在煤制烯烃催化剂的技术优势，进一步加强企业在煤制烯烃的专利覆盖面，提升整体竞争力。

表 3-32 陕西煤制烯烃深加工产业主要参与主体

企业		高校/研究院所	
上游	陕西延长石油(集团)有限责任公司	上游	西北化工研究院
	西安热工研究院有限公司		西安石油大学
	陕西聚能新创煤化科技有限公司		西北大学
	陕西黑猫焦化股份有限公司		榆林学院
中游	陕西长青能源化工有限公司	中游	陕西省煤化工工程技术研究中心
	陕西华祥能源科技集团有限公司		西北大学
中游	新兴能源科技有限公司	下游	陕西师范大学
	陕西煤化工技术工程中心有限公司		榆林学院
	陕西好一化工科技有限公司		西北工业大学

中/ 下游	蒲城清洁能源化工有限责任公司	陕西师范大学
	陕西延长中煤榆林能源化工有限公司	陕西科技大学
	陕西延长石油(集团)有限责任公司	

## (2) 提升专利运营多样性

陕西省煤制烯烃深加工产业申请专利共计 481 件，其中发生专利转让的共 29 件，专利运营活动较为活跃，但专利运营方式还有进一步扩展的空间。当前发展较成熟的专利运营方式有专利许可、专利转让、专利融资质押和专利信托等，建议可以依托西安市丰富的高校、院所资源和专利的服务性组织，培育专利的产业专利服务链，提升对专利权衍生价值的挖掘。

煤制烯烃项目工艺路线长、设备庞大、造价高、投资巨大，对于煤制烯烃企业来说，原料煤的成本(包括煤炭价格、水灰分含量、运输费用等)是综合成本的主要组成部分，直接影响到企业产品的竞争力;此外，随着新环保法以及大气污染、水污染、土壤污染等专项行动计划的实施，煤制烯烃行业的污染控制更加严格，企业必须投入更多的资金，这也加大了盈利难度，对于中小微企业的发展，加大知识产权质押融资政策倾向，推进专利技术无形资产助力企业发展。

表 3-32 陕西主要创新主体技术布局

创新主体	中游											下游					
	上游	MTO	MTP	SAPO-n 磷酸 硅铝分子筛	ZSM-n 沸 石分子筛	费托合成 催化剂	复合结构 分子筛	固定床	合成气 制烯烃	回收净 化系统	流化床	污水处理	整体系统	催化 剂	转 化 应 用	丙 烯 聚 合	
西安交通大学	26						1	2			4						
陕西延长石油(集团)有限责任公司	24			1	4				2		2		1	4		2	
西安热工研究院有限公司	22										1						
西北大学	4			4	7		1		1		2						
陕西聚能创新煤化工科技有限公司	18																
陕西延长中煤榆林能源化工有限公司	1	1											1	1	2	5	
西北化工研究院	12													1			
西安航天华威化工生物工程有限公司										13							
陕西煤化工技术工程中心有限公司	1	1	1	4	2						1						
陕西科技大学					1	1	1	2			3	1					

## 第四章 煤制芳烃深加工产业专利导航

### 4.1 煤制芳烃产业发展方向导航

#### 4.1.1 全球煤制芳烃深加工产业专利整体概况

##### 4.1.1.1 整体专利概况

芳烃指含有苯环的烃类，芳烃中的三苯（苯、甲苯和二甲苯，也称 BTX），是有机化工的基础原料，广泛用于合成纤维、合成树脂、合成橡胶以及各种精细化学品。芳烃的来源主要由石油化工工业中的催化重整工艺、石脑油裂解工艺、低碳烃类芳构化和芳烃类转化工艺；仅有少部分来自煤化工中的煤焦油，因此芳烃生产对石油依赖比较大。但我国属于石油资源短缺的国家，另一方面，我国煤炭资源丰富，近几年，随着我国各个煤化工项目的实施落地，煤基合成甲醇也成为多数煤化工企业的首选项目。同时由于我国甲醇项目的规划和建设情况，甲醇的产能可能将远超过实际的需求，甲醇产能过剩局面的出现，以及我国芳烃需求日益增长现状，积极开展由煤基甲醇制取芳烃的技术研究，不仅为煤炭/天然气转化制芳烃开辟了一条技术路线，为我国甲醇找到一条现实可行的出路，而且满足市场对芳烃的需求，减少芳烃生产对石油原料的依赖程度。

甲醇获得芳烃，最初为美国美孚公司开发的 MTG (Methanol to Gasoline) 技术，20 世纪 70 年代美孚公司开发了 ZSM-5 沸石催化剂，使甲醇转化成高辛烷值汽油，其产品组成中含有 30% 的芳烃。1985 年，Mobil 公司在其申请的美国专利 USP4590321 中，首次公布了甲醇转化制芳烃技术，该研究采用含磷 2.7wt% 的 ZSM-5 分子筛为催化剂，反应温度为 400~450℃，甲醇重量空速 1.3hr<sup>-1</sup>。结果显示，经过磷修饰的 ZSM-5 催化剂在高级烃 (C5~C9) 的选择性、芳烃的选择性等多个指标方面都优于未经改性的 ZSM-5 分子筛催化剂。但是其主要产物仍然为 C1~C4 的低碳烃类，总芳烃含量不高。1986 年，Mobil 公司申请了美国专利 USP4686312，公布了一种将低碳含氧化合物转化为富含芳烃的产品的多段反应工艺；在第一段反应器中甲醇首先转化为以低碳烃类为主的产物，这些产物在二段反应器中催化剂的作用下进一步发生芳构化反应，而获得富含芳烃（苯、甲苯、



二甲苯以及重质芳烃)的产物。由于美国并不缺少石油，其研究主要侧重于对催化剂配方及反应机理的探索，并无工业化应用实践。中国于 20 世纪 80 年代开始甲醇制芳烃研究，但早期的甲醇制芳烃技术无论是美孚公司还是山西煤化所的技术，虽然烃基收率可达 63%~91%，但最终产物均以烷烃为主，芳烃含量不超过 45%，另有部分烯烃和环烷烃，这样的组成更接近汽油组分，并且由于产物种类繁多，分离价值不高，更适合作为油品添加剂进行销售，而非作为芳烃联合装置的原料。同时，美孚和山西煤化所技术都采用固定床工艺，装置规模较小，无法与芳烃后续加工装置—芳烃联合装置进行经济性地匹配。

目前在国内主要有中国科学院山西煤炭化学研究所的固定床甲醇制芳烃 (MTA) 技术和清华大学的甲醇制芳烃 (FMTA) 技术。山西煤化所的专利 CN1880288A 中采用甲醇为原料，改性 ZSM-5 为催化剂，将甲醇转化为以芳烃为主的产物，经冷却分离将气相产物低碳烃和液相产物 C5+ 分开，液相产物 C5+ 烃经萃取分离，得到芳烃和非芳烃。清华大学专利 CN101244969A 中公开了一种甲醇芳构化过程催化剂连续反应再生的装置及其方法，采用流化床技术将甲醇或 C1-C2 的烃类转化为芳烃。

煤制芳烃深加工产业，上游专利占比 35%，中下游专利分别占 33%、32%。如图 3-3 所示，上游煤制甲醇（合成气）专利申请开始最早，其次为下游芳烃产品加工技术，中游甲醇制芳烃技术最早由埃克森美孚在甲醇制高辛烷值汽油时发现，该公司在甲醇制汽油技术汇总采用的 ZSM-5 分子筛催化剂，可以是甲醇选择性转化为丰富的烃类，同时获得少量芳烃。上世纪 70 年代，该技术还不算严格意义上 MTA 技术，到了上世纪 80 年代，埃克森美孚通过研究获得改性 ZSM-5 分子筛催化剂，可以使芳烃选择性更高。2005 年之后，尤其是近几年专利申请数量快速增长，这可能由于市场甲醇产能过剩，加上芳烃在工业上应用广泛，以及芳烃另一制备原料石油的缺乏，尤其是国内化工资源分布情况，使得煤基甲醇制芳烃以及芳烃深加工生产高附加值产品的技术得到快速发展。

如图 4-1 所示，中游各技术分支中，苯/甲苯烷基化技术相关专利申请时间最早，1972，埃克森美孚在专利 US3755483A 中最早公开一种含有非极性取代基的芳烃（如甲苯或苯）的气相烷基化，1976 以及 1977 年，法国石油研究院，针对该技术在法国、美国、英国、德国等多个国家都进行了专利申请。国内专利中，

大连理工大学在 1994 年申请的专利 CN1110628 中公开公开一种硅(或镁)—混合稀土改性(ZSM-5)沸石分子筛催化剂的制备方法,该催化剂应用之一为甲苯、甲醇烷基化制对二甲苯。上海石油化工研究院,在 2005 年以及 2009 年分别针对该技术相关催化剂以及工艺方法进行研究并申请了专利。

大连化物所在 2007 年分别围绕甲苯甲醇烷基化制对二甲苯和低碳烯烃固定床催化剂、移动床催化剂和流化床催化剂,申请了专利,在 2013 年针对工艺方法继续进行专利布局。并且,中科院大连化学物理研究所在甲醇甲苯制 PX 联产低碳烯烃(TMTA)技术中与陕西煤化工技术工程中心进行了合作,2013 年,陕西煤化工技术工程中心在专利 CN103638963A 中公开了一种甲苯甲醇烷基化制对二甲苯流化床催化剂及其制备方法,通过将 ZSM-5、基质和无定形粘结剂混合喷雾成型后,由碱土金属、非金属或/和稀土金属改性,并用硅氧烷基化合物修饰制备相应的催化剂,该催化剂用于甲苯甲醇烷基化反应,在保证甲醇完全转化的基础上,甲苯转化率超过 20%,产物中对二甲苯单程收率最高可达 25%。2014 年,分别在专利 CN103804112A 与 CN104326855A 中公开了一种甲苯与甲醇择形烷基化高选择性制对二甲苯和乙烯,以及一种苯和甲醇烷基化制甲苯二甲苯的方法。

技术研发与专利申请开始较早的还有甲苯甲醇甲基化(MTX)技术以及合成气制芳烃技术,1975 年埃克森美孚提出甲苯甲醇甲基化制对二甲苯的工艺方法以及催化剂制备,2005 年前后,沙特基础工业、大连化物所和上海石油化工研究院开展甲苯甲醇甲基化技术的研究,在工艺方法以及催化剂方面都提出了专利申请,并且埃克森美孚以及上海石油化工研究院自 2010 年之后,针对该技术有持续的技术研发以及专利产出。

由于甲醇甲苯制对二甲苯技术中,原料必须拥有稳定的甲苯供给,原料制约,使芳烃产能很难实现大规格扩充。另一方面,甲醇甲苯制对二甲苯的目标产品较为单一,投资风险较大。因此国内研发团队开始新工艺的研发,直至 2010 年,清华大学首次发表流化床甲醇制芳烃(FMTA)工艺技术,并且针对流化床反应器装置有持续专利申请,2011 年至 2013 年,清华大学与华电煤业集团合作,共同建设运行 3 万 t/a 流化床甲醇制芳烃工业化试验装置,并开发了 60 万 t/a 工艺包。流化床甲醇制芳烃以及甲醇芳构化技术研发以及专利申请开始较晚,在 2017 年,流化床反应器相关专利数量达到最大值,2018 年在 CN109701458A、

CN108993327A 中分别公开流化床反应器装置以及基于甲醇制芳烃的三段流化床的连续反应再生系统及方法。

1977 年埃克森美孚在专利 US4180516A 中提出合成气制芳烃技术，直至 2000 年，每年有连续的专利申请，2001-2016 年期间，专利申请开始有所间断。国内该技术相关专利最早是山西煤化所在 2008 年申请的专利 CN101422743A，近几年国内合成气制芳烃技术主要研究团队为大连化物所。

2007 年，中科院山西煤化所和赛鼎工程公司合作开展固定床甲醇制芳烃技术，2016 年，陕西宝氮化工集团采用该技术建成投运 10 万 t/a 甲醇制芳烃项目，该项目为陕西省首个甲醇制芳烃 (MTA) 项目，产品结构为轻芳烃 10 万 t/a、重芳烃（均四甲苯）1.1 万 t/a、液化石油气 (LPG) 1.4 万 t/a，产品无铅、无硫、低苯，辛烷值高，生产过程节能、环保，并实现废水循环利用。

南京大学、华东理工大学、山西煤化所近几年在煤基合成气直接制芳烃技术领域也有专利申请。随着 2006 年之后，该领域各研究团队的技术研发成果的产出，国内煤制芳烃技术也趋于成熟。

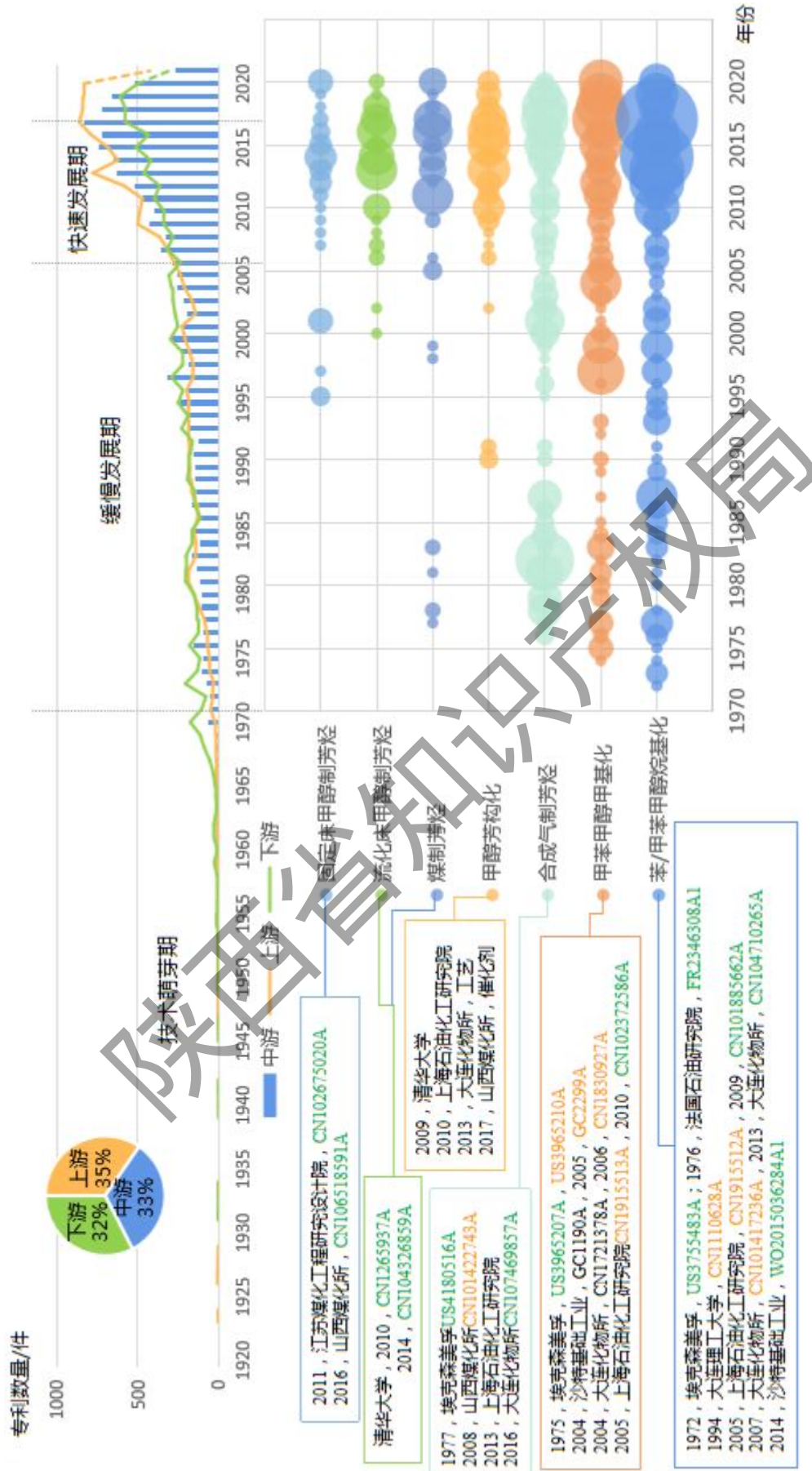


图 4-1 煤制芳烃深加工产业专利技术发展概况

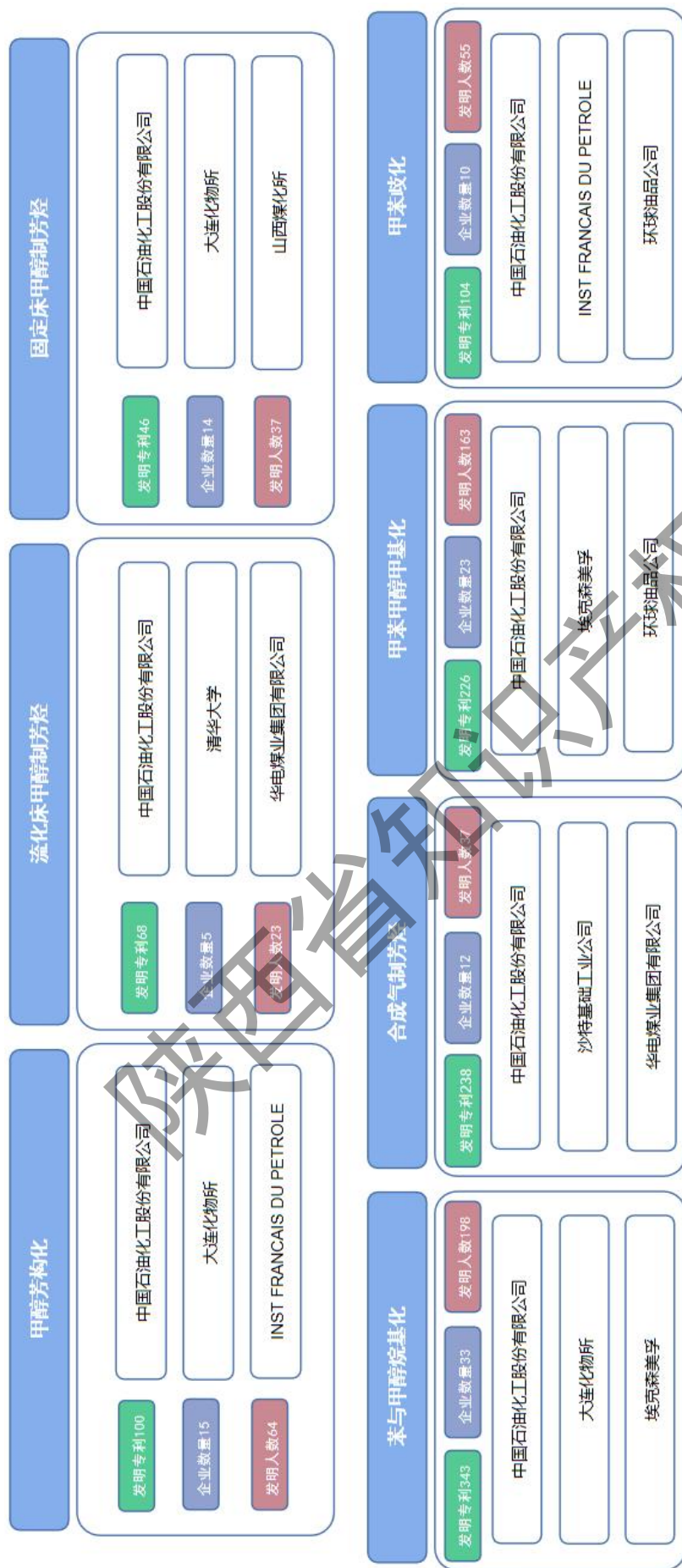


图 4-2 煤制芳烃中游工艺技术专利概况

### 4.1.1.2 产业链上游专利分析

#### (1) 上游专利申请趋势

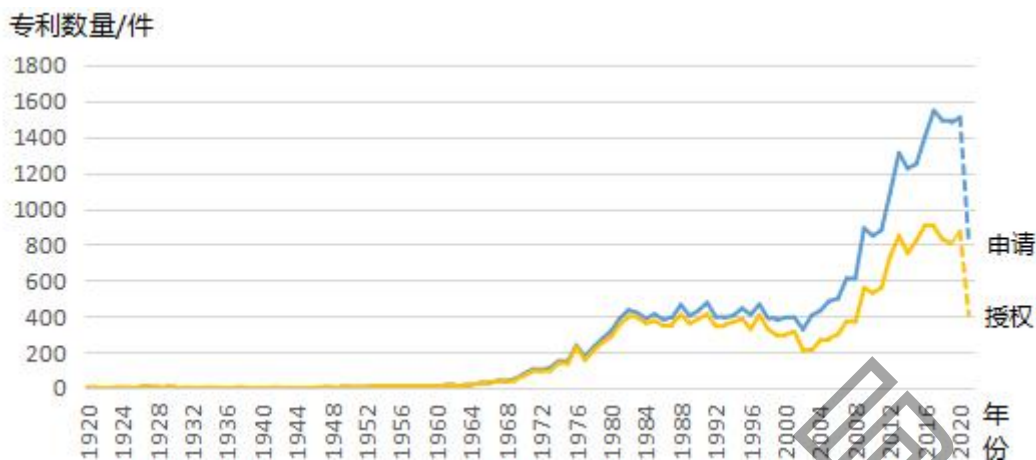


图 4-3 上游煤制甲醇（合成气）专利申请趋势

如图 4-3，上游煤制甲醇技术发展主要分为四个阶段，1968 年之前，虽然有个别专利中涉及煤制甲醇技术，但并不是针对该技术的研发；1968-1982 年期间，专利申请量缓慢增长，这一时期，处于技术萌芽期；1983-2004 年，每年专利申请数量较为稳定，这一时期主要专利公开国有美国、日本、德国以及中国；自 2005 年之后专利申请数量快速增长，这一时期主要为国内专利申请的增长，一方面国内煤矿资源丰富，并且缺油少气，另一方面为提高产品价值，以及对环保的考虑，对煤制甲醇（合成气）以及下游深加工技术的研究以及专利申请近几年都得到快速发展。

#### (2) 技术构成

煤制甲醇（合成气）专利技术主要包括装置以及工艺，其中 82% 的专利技术是针对装置的研究，如图 3-5 所示，工艺技术专利申请数量相对稳定，在近几年相对有小幅度增长。装置相关专利在 2004 年之前主要国外专利申请，并且在自 1986 年之后每年专利申请数量较为稳定，在 2005 年之后随着国内煤制甲醇技术的发展，带动全球煤制甲醇相关专利数量快速增长。

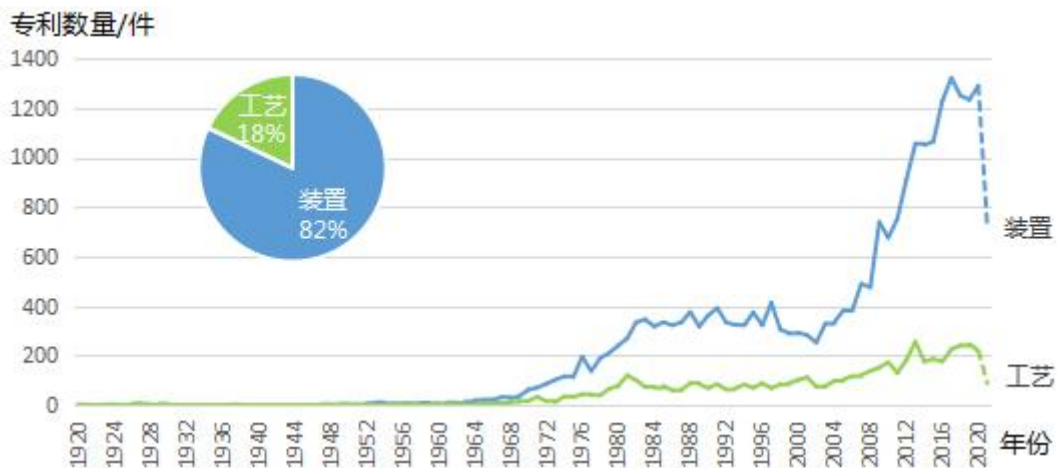


图 4-4 上游煤制甲醇（合成气）技术构成申请趋势

### (3) 上游技术区域分布



图 4-5 上游煤制甲醇（合成气）专利区域分布

如图 4-5 所示，中国是煤制甲醇技术的主要研发国家，相关专利申请量在全球排名第一，其次为美国、日本、德国，其中美国与德国针对该技术在中国有一定专利布局。

### (4) 申请人排名

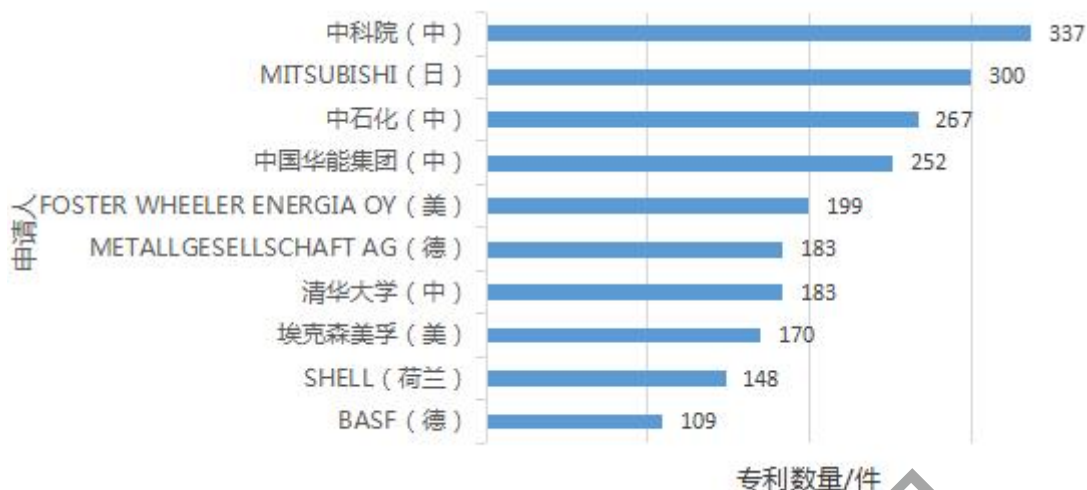


图 4-6 全球申请人排名（前十）

上游煤制甲醇申请人排名中，中国申请人占 4 位，分别为中科院、中石化、清华大学以及中国华能集团，排名前十的申请人中，德国、美国申请人各占 2 位，其余为日本以及荷兰企业。

#### 4.1.1.3 产业链中游专利分析

##### (1) 专利申请趋势

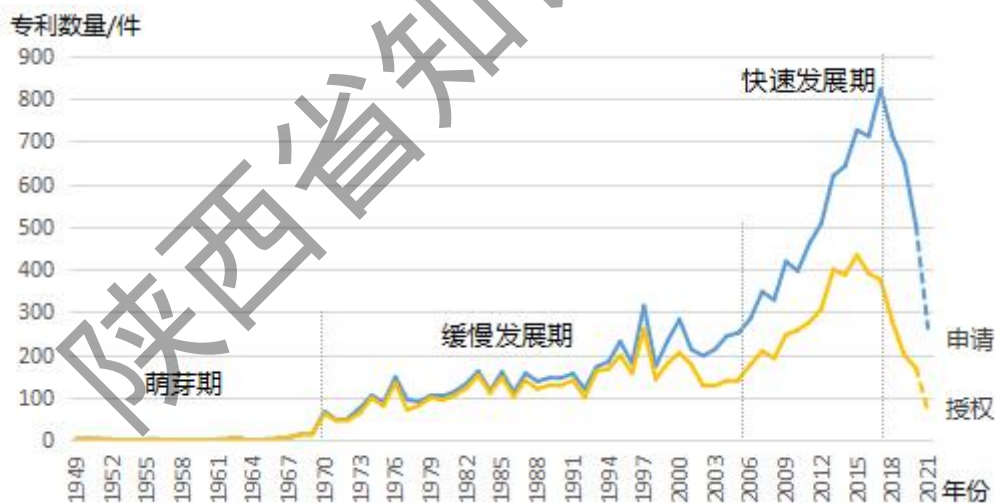


图 4-7 煤制芳烃中游专利申请趋势

由上图所示，甲醇（合成气）制芳烃技术发展历程中，1949-1970 年期间，专利申请数量少，且零散分布，可以看出尚未有重要研究发现，技术处于萌芽期。



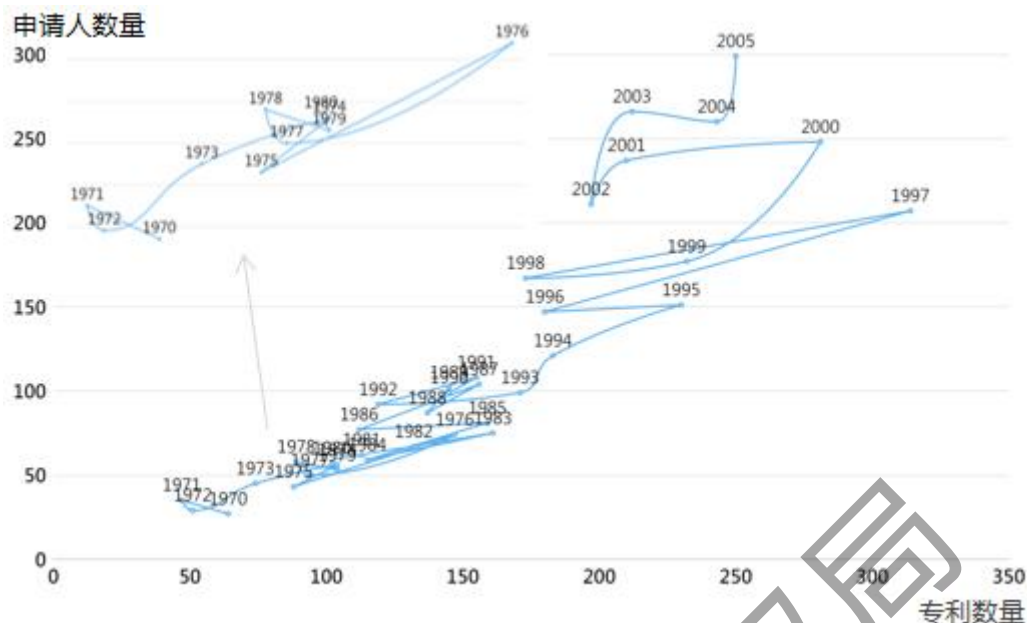


图 4-8 甲醇制芳烃技术生命周期（1970-2005 年）

20 世纪 70 年代，美国埃克森美孚（美孚石油公司）研发出的 ZSM-5 分子筛具有三维孔道的新结构沸石，孔道大小与汽油沸程内烃分子尺寸相匹配，在 MTH 反应中占有重要地位，该公司通过研究发现以金属改性的 ZSM-5 为催化剂，在甲醇催化转化制汽油反应中可以获得芳烃产物，自此甲醇制芳烃技术得以发展，不过在该时期专利申请数量整体增长缓慢，结合图 4-7，可以看出在 1976、1997 年，技术曾在短期内快速发展，通过专利分析发现该时期，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，包括甲苯甲醇甲基化制对二甲苯等技术相关专利申请数量有明显增长，美国 DORR OLIVER 公司在流化床反应器方面有较多专利产出，但整体技术发展呈缓慢增长。

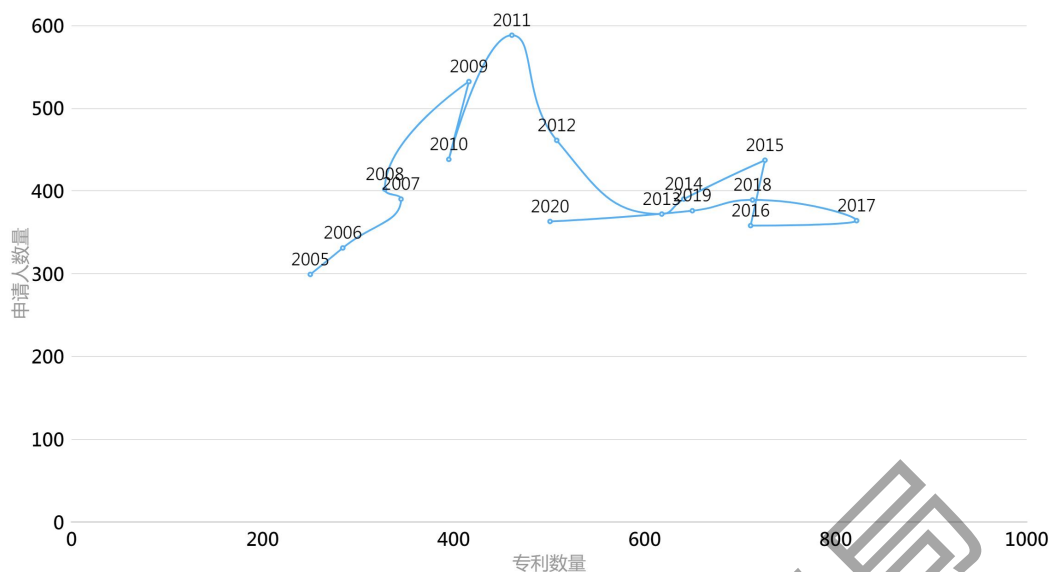


图 4-9 甲醇制芳烃技术生命周期（2005-2020 年）

由图 4-7、图 4-9 所示，2005-2017 年期间，甲醇（合成气）制芳烃技术相关专利申请快速增长，其中，2011-2013 期间，虽然专利数量依旧增长，但申请人数明显下降，2017 年专利申请数量达到最大值，并且自 2017 之后，申请人数相对稳定，专利申请速率快速下降。

(2) 中游各技术分支占比

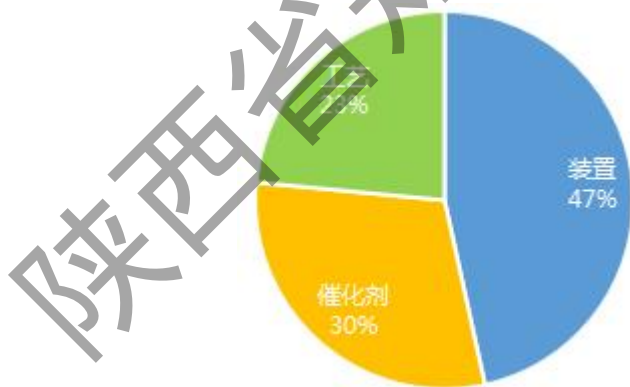


图 4-10 技术分支构成

甲醇（合成气）制芳烃专利技术分支主要分为装置、工艺以及催化剂，其中装置相关专利数量占比最多，占煤制芳烃中游专利总量的 47%，催化剂与工艺相关专利，分别占比 30%、23%。

表 4-1 煤制芳烃深加工中游工艺技术分支分布

一级	技术分支	专利数量	占比
工艺	苯/甲苯甲醇烷基化	151	3.26%
	甲苯甲醇甲基化	85	1.83%
	甲醇芳构化	84	1.81%
	流化床甲醇制芳烃	61	1.31%
	固定床甲醇制芳烃	39	0.84%
	合成气制芳烃	40	0.86%
	甲醇甲苯制PX	13	0.28%
	煤制芳烃	46	0.99%
	甲苯歧化	43	0.93%
	废水/气处理	56	1.21%
	吸附/结晶/萃取	216	4.68%
	其他	44	0.95%
催化剂	分子筛	894	19.27%
	氧化铝	188	4.05%
	硅胶	40	0.86%
	活性炭	33	0.71%
	其他载体	258	5.56%
反应器	流化床	1373	29.60%
	固定床	839	18.09%
	移动床	136	2.93%



图 4-11 煤制芳烃深加工中游工艺技术

结合表 4-1 和图 4-11 可以看出煤制芳烃中游甲醇（合成气）制芳烃技术主要围绕反应器、催化剂以及工艺技术的研发，其中反应器分为对流化床、固定床以及移动床的研究，并且流化床专利数量占比最多；催化剂主要为分子筛催化剂，其次为氧化铝作为载体；工艺技术涉及多条技术路线，包括苯与甲醇烷基化、甲苯甲醇烷基化、固定床甲醇制芳烃、流化床甲醇制芳烃、甲苯甲醇甲基化等。

表 4-2 工艺技术企业人才分布概况

工艺	专利		企业	人才
	总量	活跃度		
苯与甲醇烷基化	353	26%	33	198
甲苯甲醇甲基化	276	36%	23	163
合成气制芳烃	244	20%	12	37
甲苯歧化	105	12%	10	55
甲醇芳构化	101	23%	15	64
流化床甲醇制芳烃	68	25%	5	23
固定床甲醇制芳烃	46	20%	14	37

如表 4-2 所示，流化床甲醇制芳烃技术活跃度较高，但研发企业和人才数量相对较少，包括固定床甲醇制芳烃技术创新人才主要为研究院所及高校研究人员，苯与甲醇烷基化以及甲苯甲醇甲基化技术相关企业及人才在各技术中数量最多。

### (3) 各技术分支申请趋势

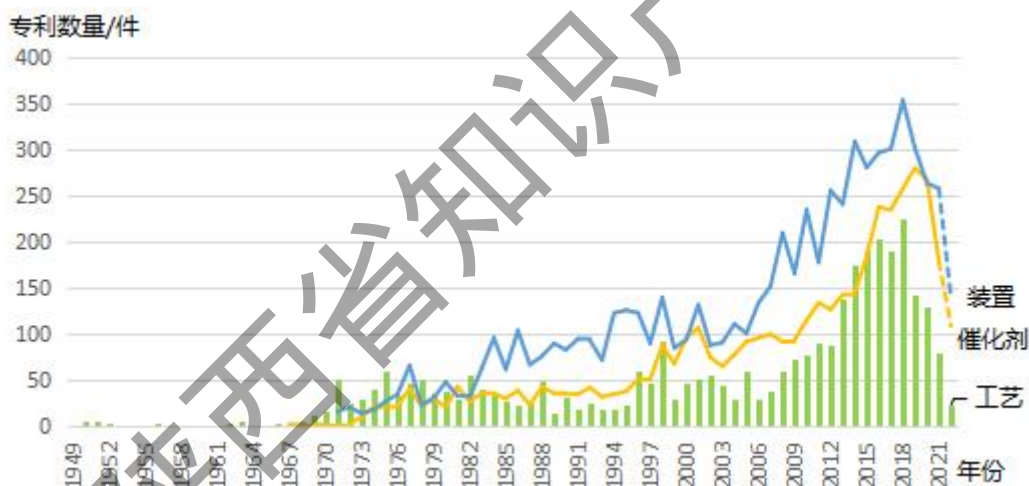


图 4-12 技术分支申请趋势

由图 4-12 所示，煤制芳烃中游专利技术分支中，工艺专利申请时间开始最早，其次为催化剂，工艺与催化剂专利申请在 1970 年至 1995 年期间，相比于装置，趋势较为平缓，并在 1995-1998 年，有小幅增长，之后直至 2008 年，专利申请数量都基本保持在工艺每年 50 件以下，催化剂每年 100 件以下。2018 年前后，各技术分支专利申请数量达到最大值，之后呈现递减趋势。

### (4) 申请人排名

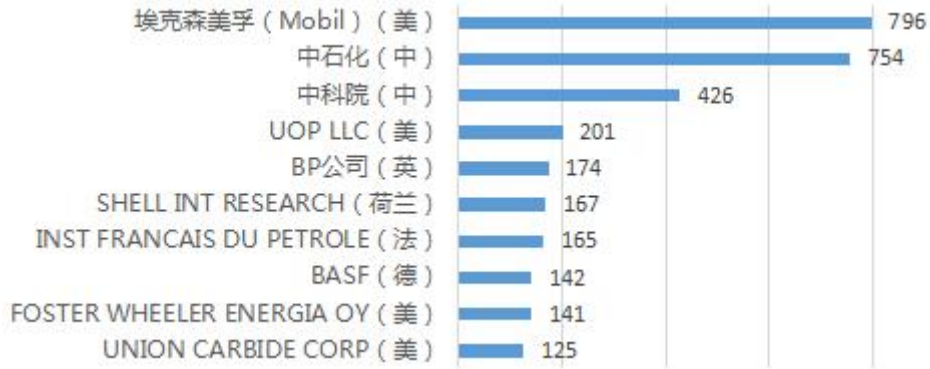


图 4-13 申请人排名（前十）

煤质芳烃中游技术，排名前十的申请人中，美国申请人占 4 位，中国占 2 位，英国、荷兰、法国以及德国各占 1 位。埃克森美孚、中石化、中科院分别以 796、754 以及 426 件专利申请数量，远超其他申请人，位居前三，排名前十的其他申请人专利数量在 100 件以上。

(5) 中游技术区域分布



图 4-14 专利公开国分布情况

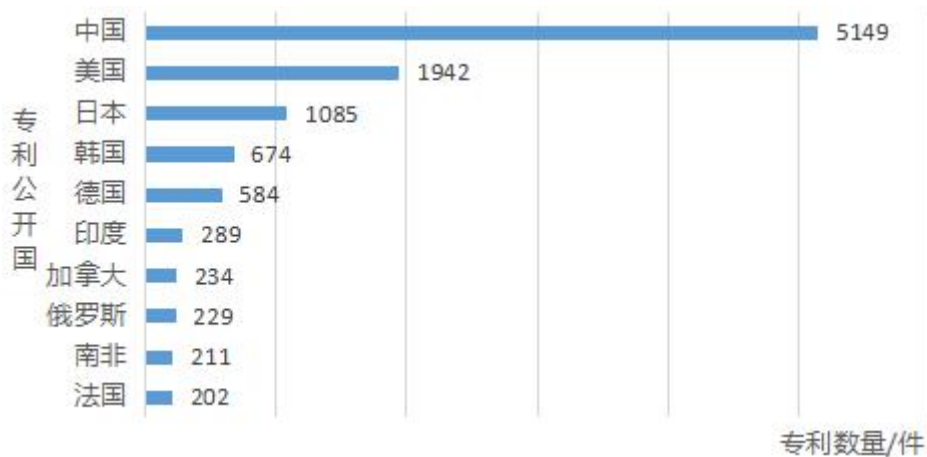


图 4-15 技术公开国排名（前十）

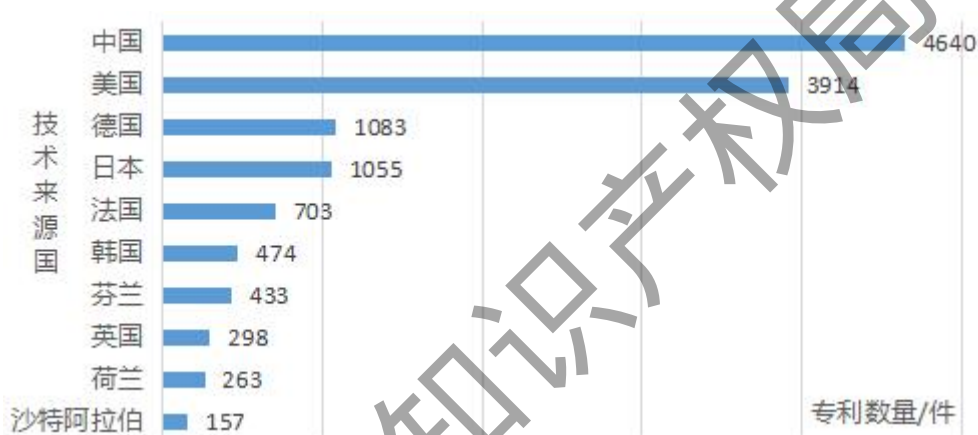


图 4-16 技术来源国（申请人国别）排名（前十）

煤制芳烃中游专利全球公开国排名中，排名前五的分别为中、美、日、韩、德，技术来源国（申请人国别）排名前五的分别为中、美、德、日、法。可以看出中国不仅是该领域主要公开国，也是最主要的技术来源国，这可能由于我国“富煤、缺油、少气”的石化资源特点以及石化产品消费市场影响，中国是全球煤制芳烃技术研发领先的国家之一，除此，美国也是该领域重要的技术来源国，有埃克森美孚等石化领域重要企业。

#### 4.1.1.4 产业链下游专利分析

##### (1) 专利申请趋势

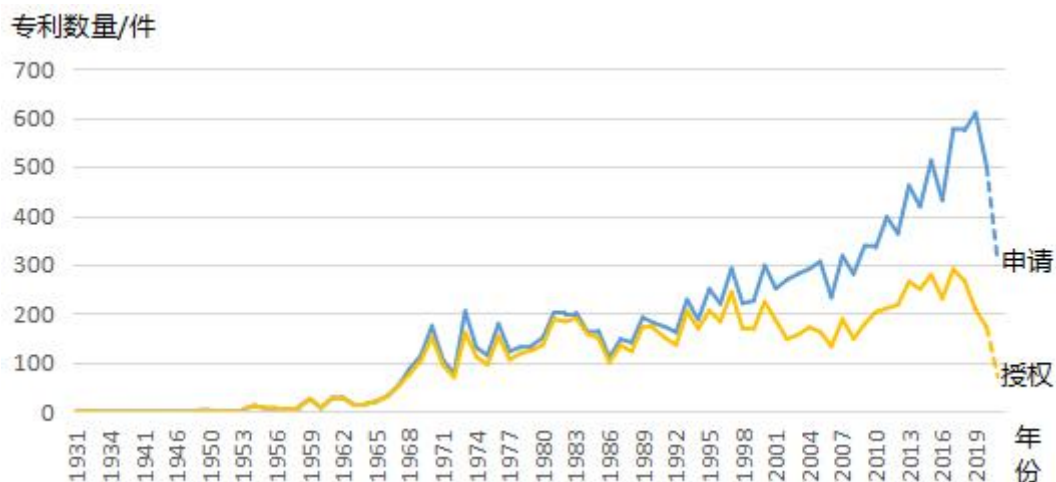


图 4-17 煤制芳烃下游专利申请趋势

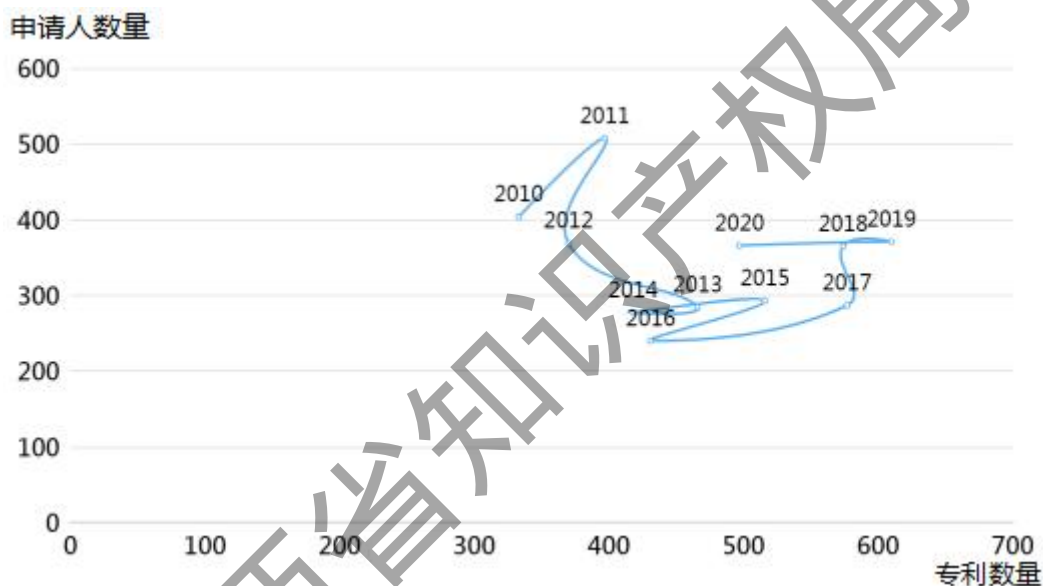


图 4-18 煤制芳烃下游专利生命周期 (2010-2020 年)

煤制芳烃下游专利申请开始于上世纪 30 年代初，到上世纪 60 年代末，UNIVERSAL OIL 公司、SHELL INT RESEARCH 等申请人在芳烃烷基化、二甲苯异构化以及芳烃分离等技术上取得一定突破，直至上世纪 90 年代初，每年芳烃下游专利申请数据基本维持在 100-200 件之间。自上世纪 90 年代末至今，该领域专利申请整体呈增长趋势。结合生命周期图，2016-2019 年期间专利申请人也呈增长趋势，2020 年受疫情影响，专利数量有所下降，申请人数量较稳定，可以看出近几年煤制芳烃下游专利技术处于发展阶段。

## (2) 下游各技术分支占比



图 4-19 煤制芳烃下游专利技术分支分布

煤制芳烃下游专利技术分支分布中，催化剂相关专利申请数量最多，占下游专利总量的 39%，装置以及工艺分别占比 33%、28%。

如表 4-2 所示，煤制芳烃深加工下游产品中，苯下游产品相关专利中，苯乙烯、烷基苯以及异丙苯占比都在 10%以上，其次苯酚、环己烷、乙苯以及氯苯占比在 1%以上；甲苯下游产品相关专利中，主要为硝基苯、苯甲酸、苯乙烯、甲基苯乙烯以及对二甲苯等占比在 1%以上；二甲苯下游产品专利主要为对二甲苯的制备，占下游芳烃产品的 19%。可以看出这些产品是芳烃的主要下游产品。



表 4-3 芳烃下游产品占比

下游产品		专利数量	产品占比	二甲苯		下游产品	专利数量	产品占比
苯乙炔	784	13.68%	对二甲苯	1111	19.38%			
烷基苯	651	11.36%	PEI	112	1.95%			
异丙苯	578	10.08%	对苯二甲酸	54	0.94%			
苯酚	310	5.41%	邻苯二甲酸酐	37	0.65%			
苯乙烯聚合体	258	4.50%	聚酯	44	0.77%			
环己烷	150	2.62%	均四甲苯	22	0.38%			
乙苯	125	2.18%	PBT	22	0.38%			
氯苯	87	1.52%	DMT	11	0.19%			
双酚	50	0.87%	1, 4-环己烷二甲醇	11	0.19%			
烷基酚	48	0.84%	间苯二甲酸	10	0.17%			
环己烯	45	0.78%	其他	60	1.05%			
苯胺	45	0.78%	下游产品	专利数量	产品占比			
甲酚	42	0.73%	硝基苯	152	2.65%			
苯甲醚	37	0.65%	苯甲酸	152	2.65%			
环己酮	32	0.56%	苯乙烯	106	1.85%			
环己胺	31	0.54%	甲基苯乙烯	70	1.22%			
乙二醇	27	0.47%	对二甲苯	64	1.12%			
碳酸二苯酯	25	0.44%	二甲苯	47	0.82%			
苯二酚	41	0.72%	1, 4-环己烷二甲醇	24	0.42%			
其他	103	1.80%	甲苯二胺	18	0.31%			
异丙醇	17	0.30%	甲苯二异氰酸酯	17	0.30%			
对苯二酚	16	0.28%	乙苯/苯乙烯	11	0.19%			
烷基芳烃	12	0.21%	叔丁基甲苯	9	0.16%			
己内酰胺	12	0.21%	其他	43	0.75%			
苯			甲苯					

### (3) 各技术分支申请趋势

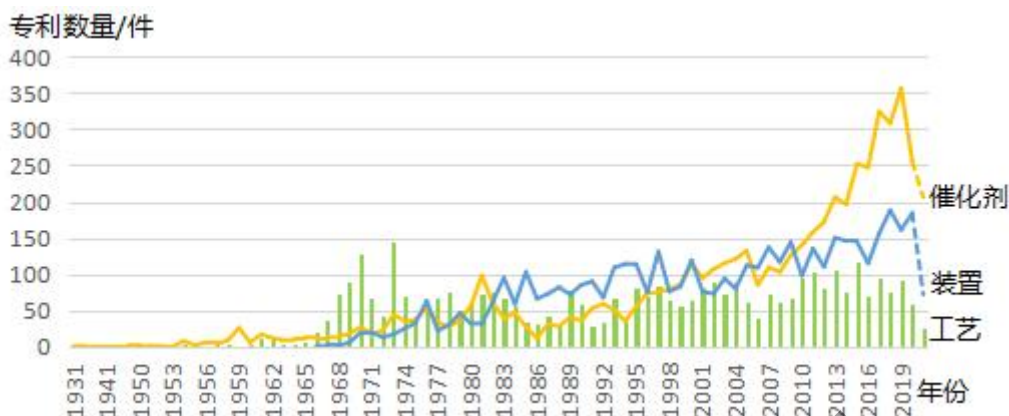


图 4-20 煤制芳烃下游专利技术分支申请趋势

由上图可以看出，上世纪 60 年代末，工艺技术得到一定发展，至今工艺相关专利申请数量相对稳定，装置相关专利整体呈现缓慢增长的趋势，催化剂制备技术自 1986 年至今，专利申请整体有所增长，尤其近几年，呈现出相对快速的增长趋势，这一期间国外埃克森美孚以及 SABIC 等企业，国内大连化物所、中石化以及中石化上海石油化工研究院、北京化工大学等在催化剂方面都有一定技术研发与专利产出。

### (4) 申请人排名

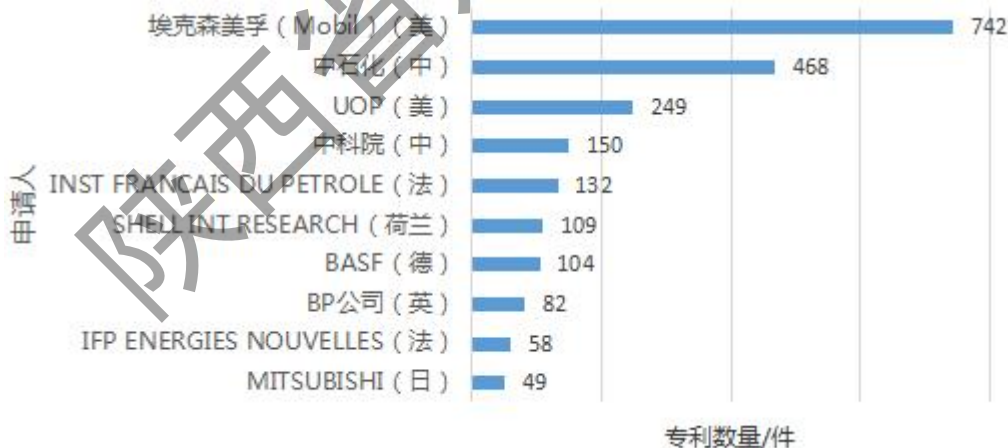


图 4-21 煤制芳烃下游专利申请人排名 (前十)

煤制芳烃下游专利申请数量排名前十的申请人中，美国、中国、法国各占 2 位，英国、荷兰、日本以及德国各占 1 位。排名前三位的分别为埃克森美孚、中石化以及 UOP。其中埃克森美孚以及中石化专利申请量明显超出其他申请人，在重要申请人中对这两位申请相关专利将作出具体分析。

(5) 下游技术区域分布

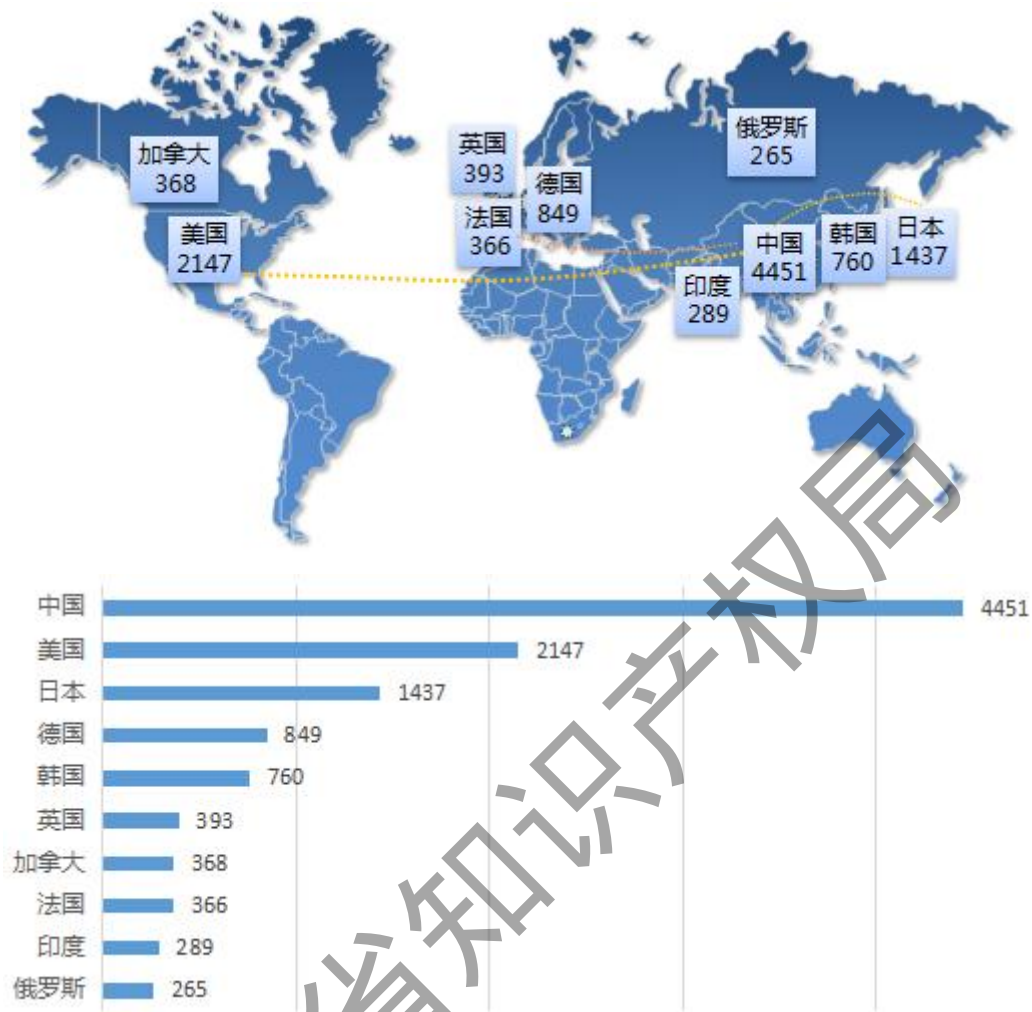


图 4-22 煤制芳烃下游专利公开国排名

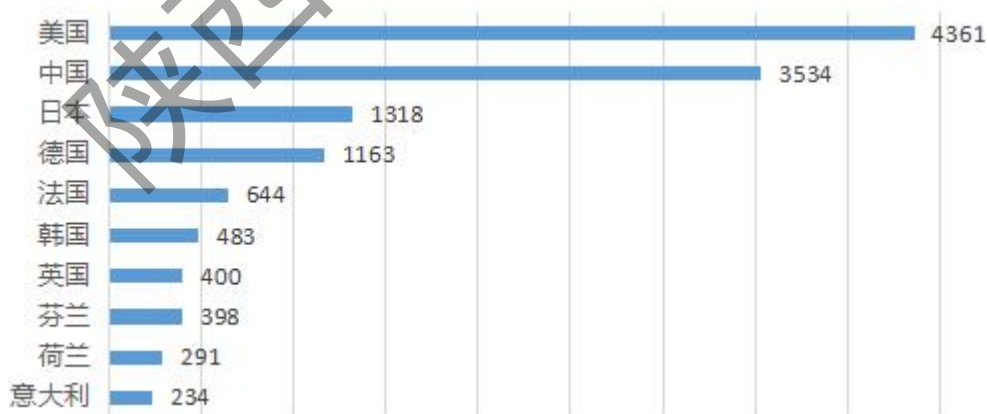


图 4-23 煤制芳烃下游专利技术来源国（申请人国别）排名

煤制芳烃下游专利技术公开国以及技术来源国主要为中国、美国、日本、德国、法国以及韩国等国家。如图 3-29、图 3-30 所示，中国虽然在专利公开国排

名中，处于第一位，但下游专利技术原创国主要为美国，结合表 3-2 以及前文全球专利申请趋势，可以看出，美国在煤制芳烃产业链下游技术研发开始早，并且具有较强的研发实力，同时美国在亚洲市场以及德国、英国、加拿大等地区有较为全面的技术输出以及专利布局。

表 4-4 煤制芳烃下游专利技术区域转移情况

	中国	美国	日本	德国	韩国	法国	英国	荷兰	意大利	加拿大
中国		28	13	1	12	2			10	1
美国	297		364	234	185	75	170	59	99	199
日本	85	144		64	56	19	30	8	9	15
德国	50	152	72		38	17	33	13	18	18
韩国	27	60	32	4					7	1
法国	33	72	48	37	26		12	9	13	23
英国	15	45	26	35	5	14		21	9	18
荷兰	35	34	8	15	16	8	16		8	12
意大利	8	30	13	18	6	6	6	8		11
加拿大		17	2	3		2	4		1	

行标题：专利公开国，列标题：技术来源国（申请人国别）

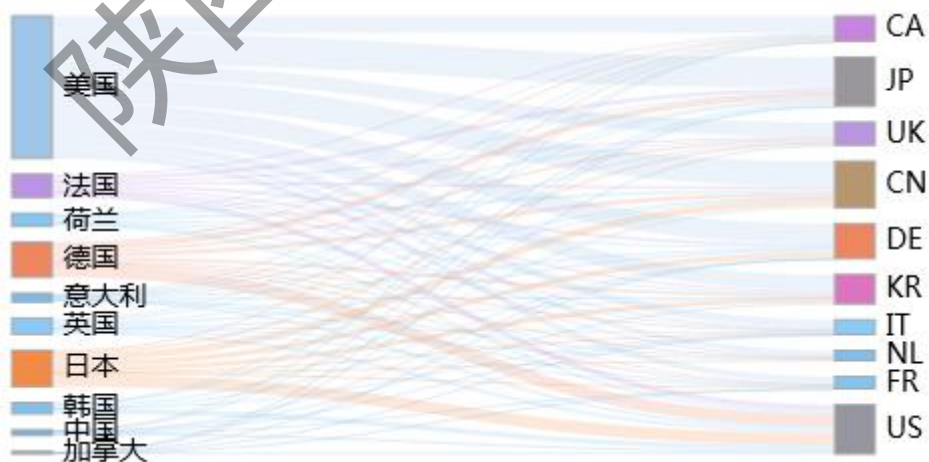


图 4-24 煤制芳烃下游专利技术来源国（申请人国别）排名

#### 4.1.2 全国煤制芳烃深加工产业专利整体概况

##### 4.1.2.1 整体专利概况

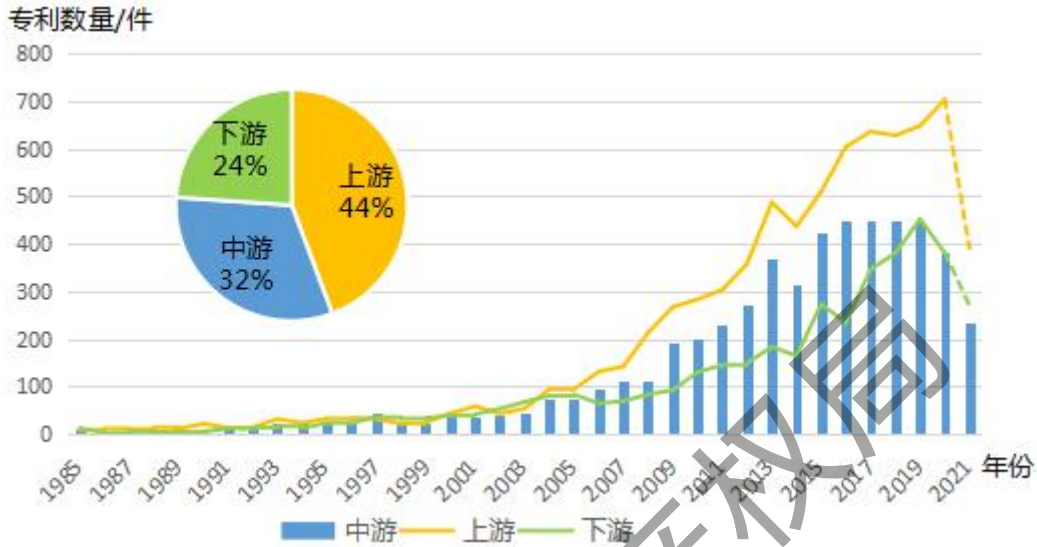


图 4-25 国内煤制芳烃深加工产业链分布及专利申请趋势

国内煤制芳烃深加工产业链中，上游专利占比最多，其次为中游。如上图所示，上下游专利申请数量整体都呈现增长趋势，并分别于 2005 年、2009 年出现明显增长趋势。中游相关专利申请趋势主要分为三个阶段，2005 年之前，专利数量有小幅变化，但专利申请量总体较少，2006-2013 年，专利数量呈增长趋势，2014 年之后，专利数量相对稳定，针对国内产业链专利申请趋势，在下文进行详细分析。

##### 4.1.2.2 产业链上游专利分析

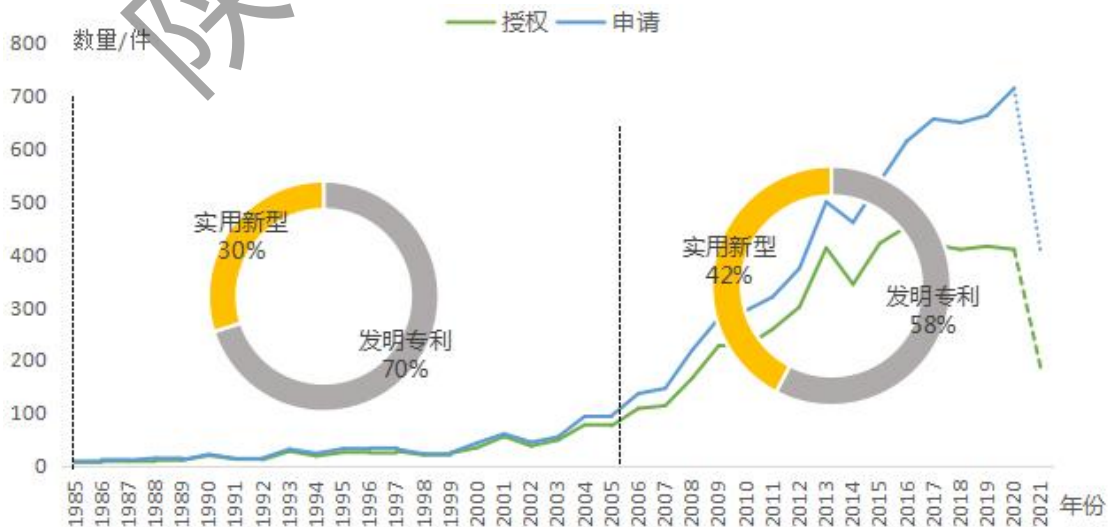


图 4-26 煤制芳烃上游整体专利申请趋势及专利类型



图 4-27 煤制烯烃（芳烃）上游技术国内省市排名

从煤制烯烃（芳烃）上游国内申请区域分布来看，国内申请人的省份主要分布在传统的经济发达地区如北京（占 27.28%）、江苏（占 15.91%）、浙江（占 8.71%）、上海（占 6.66%）；煤炭资源丰富的山东（占 11.14%）、山西（占 7.68%）、陕西（占 5.87%）、河南（占 5.19%）等省份；其中北京以中石化为龙头企业代表，辽宁主要创新主体为大连化物所，其中陕西排在全国第八位。

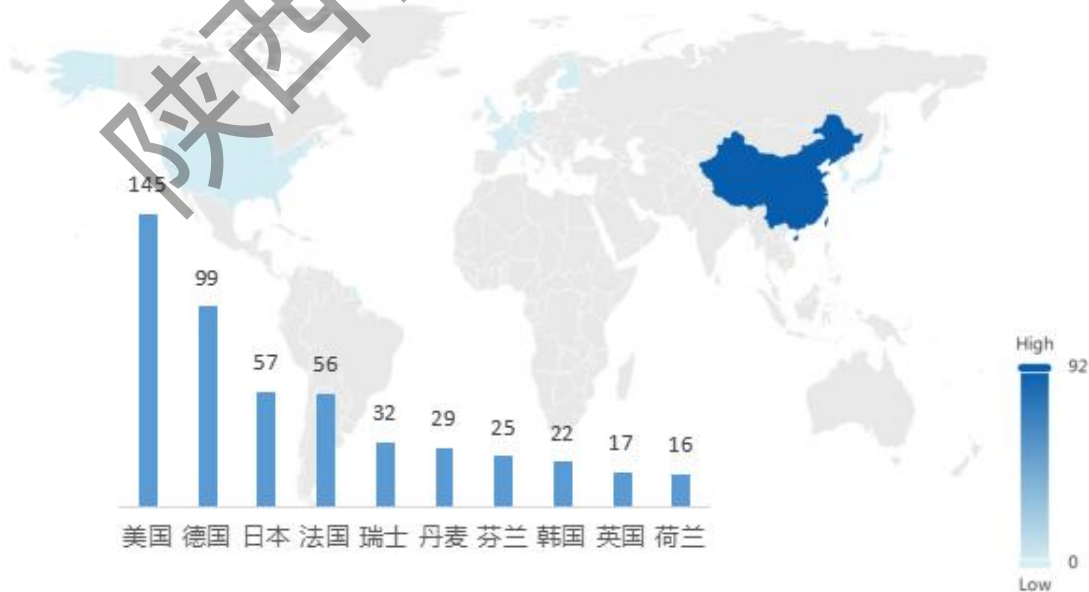


图 4-28 煤制烯烃（芳烃）上游技术来华申请国家排名

对标国内市场的其他国家创新主体技术来源，当前主要技术输入来自美国、德国、日本、法国、瑞士、丹麦、芬兰、韩国、英国以及荷兰，从技术输入主体来看，美国以埃克森、福斯特惠勒能源为代表的跨国大型能源企业技术贡献突出，跨国企业对中国的技术输入是对目标市场的瓜分，进一步激化了国内申请人的竞争态势。



图 4-29 煤制烯烃（芳烃）上游技术申请人排名

统计煤制烯烃（芳烃）上游产业链专利申请排名前世的申请人，由图中可以看出，煤制烯烃（芳烃）产业链上游申请人依次包括中石化、清华大学、华能集团清洁能源技术研究院有限公司、中石化上海化工研究院、浙江大学、中科院热物理研究所、东方电气集团东方锅炉股份有限公司、中国矿业大学、中科院山西煤炭化学研究所、中石化炼化工程股份有限公司，其中高校科研院所占六位，科研力量在整个产业上游技术贡献比重较大，优势突出。

#### 4.1.2.3 产业链中游专利分析

##### (1) 专利申请趋势

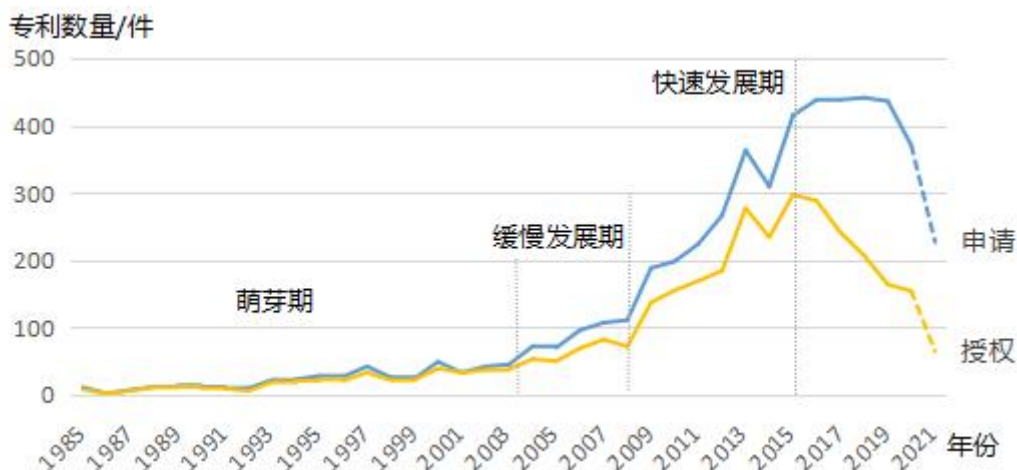


图 4-30 国内煤制芳烃中游专利申请趋势

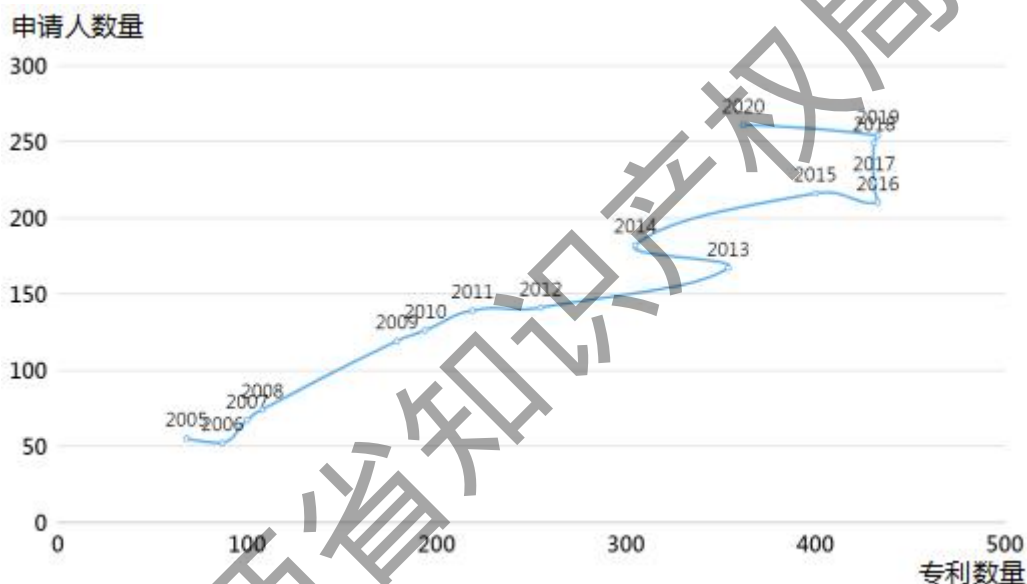


图 4-31 国内煤制芳烃中游专利生命周期（2005-2020 年）

国内煤制芳烃技术主要分为三个阶段，2004 年之前，专利数量相对较少，2006 年中科院山西煤化所完成了固定床甲醇制芳烃（MTA）技术的催化剂筛选评价和反复再生实验研究，2007 年，山西煤化所与赛鼎工程有限公司合作开展 MTA 技术工业实验设计，这期间专利申请缓慢增长。

自 2008 年开始，该领域国内专利申请每年在 100 件以上，2009 年，中国石化上海石油化工研究院开展甲苯甲醇甲基化（MTX）技术，并在 2012 年与扬子石化、洛阳工程公司共同完成 20 万 t/a 甲苯甲醇甲基化工业化实验装置。

2010 年，清华大学首次发表流化床甲醇制芳烃（FMTA）工艺技术，并在 2011-2013 年与中国华电集团合作，共同建设 3 万 t/a 流化床甲醇制芳烃工业化



实验装置，2013-2014年，与中国石油华东设计院联合开发60万t/a流化床甲醇制芳烃工艺包。

中科院大连化学物理研究所与陕西煤化工技术工程中心共同开发了甲醇甲苯制PX联产低碳烯烃（TMTA）技术，并研制出流化床专用催化剂。并且在2013年提出合成气制芳烃的催化剂制备技术，2016-2019年期间，针对该技术有持续专利申请，围绕合成气直接制芳烃、对二甲苯以及联产烯烃相关工艺、催化剂都有相应专利布局。南京大学、华东理工大学、山西煤化所近几年在煤基合成气直接制芳烃技术领域也有相关研究有专利申请。随着2006年之后，该领域各研发团队的技术研发成果的产出，国内煤制芳烃技术也趋于成熟。

## (2) 中游各技术分支占比

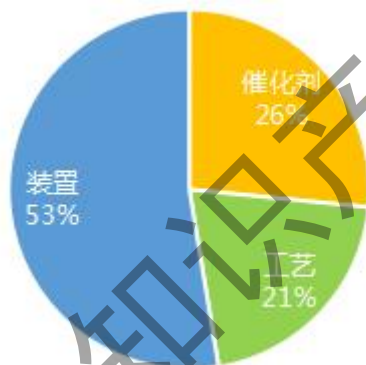


图 4-32 技术构成

煤制芳烃全国中游专利技术分支中，装置相关专利占比最多，占国内中游专利总量的53%，催化剂和工艺各占比26%、21%。

如表10，国内煤制芳烃深加工技术，主要集中在对反应器以及催化剂的专利申请，其中反应器以流化床以及固定床为主，催化剂以及分子筛催化剂为主，工艺研发相关专利数量相对较少，并且存在多条技术路线，包括固定床/流化床甲醇制芳烃、苯/甲苯甲醇烷基化、甲苯甲醇甲基化制C8芳烃、甲苯甲醇制对二甲苯、合成气制芳烃等。

表 4-5 技术分支

一级	技术分支	专利数量	占比
工艺	苯/甲苯甲醇烷基化	151	3.26%
	甲苯甲醇甲基化	85	1.83%
	甲醇芳构化	84	1.81%
	流化床甲醇制芳烃	61	1.31%
	固定床甲醇制芳烃	39	0.84%
	合成气制芳烃	40	0.86%
	甲醇甲苯制PX	13	0.28%
	煤制芳烃	46	0.99%
	甲苯歧化	43	0.93%
	废水/气处理	56	1.21%
	吸附/结晶/萃取	216	4.66%
	其他	44	0.95%
催化剂	分子筛	894	19.27%
	氧化铝	188	4.05%
	硅胶	40	0.86%
	活性炭	33	0.71%
	其他载体	258	5.56%
反应器	流化床	1373	29.60%
	固定床	839	18.09%
	移动床	136	2.93%

### (3) 各技术分支申请趋势

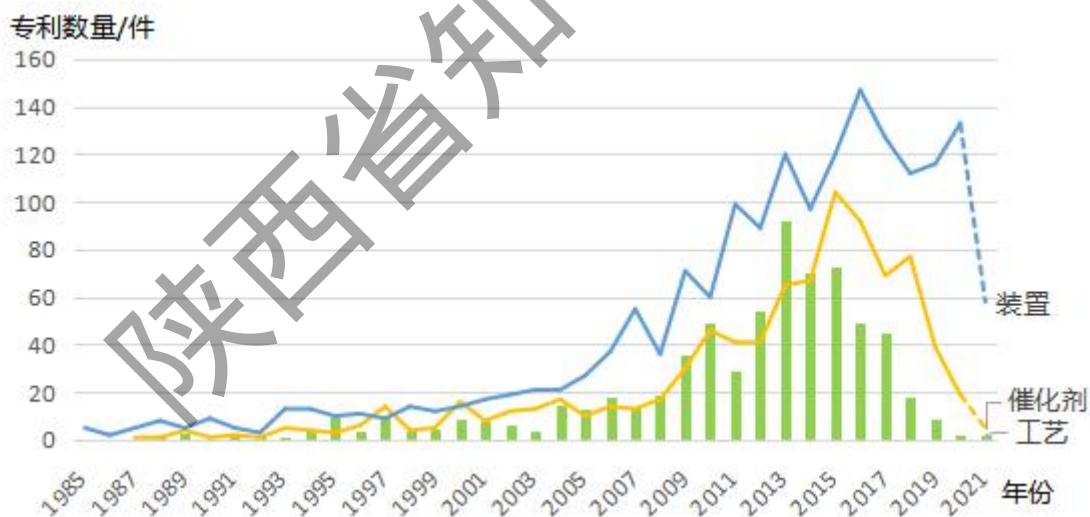


图 4-33 技术分支申请趋势

由图 4-33 所示，国内煤制芳烃中游数据各技术分支专利申请趋势整体相似，都自 2019 年开始呈现增长趋势，其中，工艺技术在 2015 年专利数量呈现下降趋势，催化剂以及装置分别于 2018 年以及 2019 年开始呈下降趋势，一方面这可能由于近两年国内煤制芳烃技术趋于成熟，另一方面可能存在未公开专利、以及受疫情影响等因素。

#### (4) 申请人排名



图 4-34 申请人排名（前十）

煤制芳烃深加工产业中游排名前十的专利申请人中，企业占 4 位，研究院所、高校各占 3 位。排名第一的为中国化工股份有限公司，相关专利 733 件，其次为中石化上海石油化工研究院，相关专利 407 件，排名第三位的中科院大连化物所相关专利数量 197 件。同时中石化石油化工科学研究院、清华大学等也是该领域重要的研究团队，拥有自主研发的甲醇（合成气）制芳烃技术。

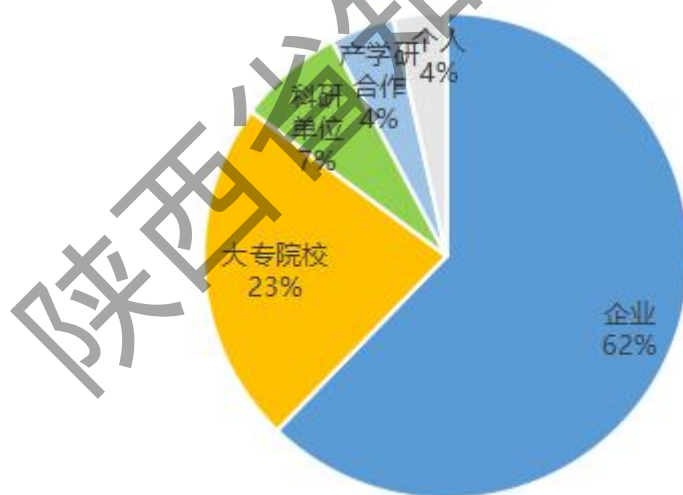


图 4-35 国内中游申请人类型分布

目前国内中游专利申请人中，62%专利申请主体为企业，其次为大专院校，专利数量占比 23%，科研单位以及产学研合作专利数量分别占比 7%、4%，该领域个人专利申请数量相对较少。

#### (5) 中游技术区域分布

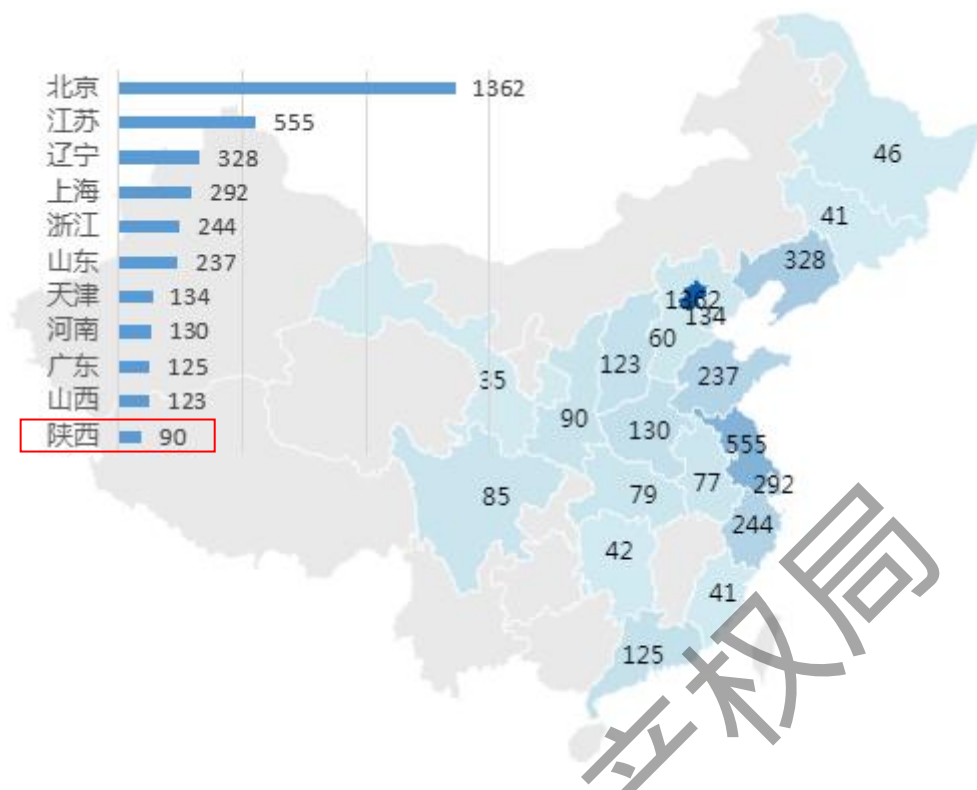


图 4-36 国内煤制芳烃中游专利省份排名

国内中游省份排名中，北京以 1362 件相关专利数量，位居第一，其中北京主要申请人为中石化，可以看出东部沿海地区，可能由于进口甲醇更为便捷廉价，中游甲醇制芳烃技术在该地区更为集中，排名第二位的江苏，省内主要申请人有南京大学、南京工业大学以及常州大学等高校，陕西在国内省份排名中排第十一位，主要申请人有陕西延长石油(集团)有限责任公司、陕西煤化工技术工程中心有限公司、西北大学等。

#### 4.1.2.4 产业链下游专利分析

##### (1) 专利申请趋势

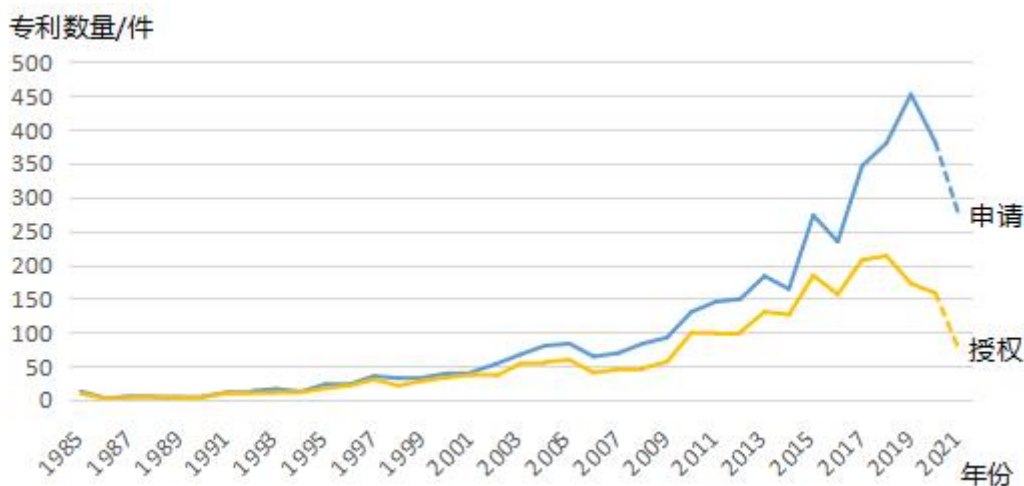


图 4-37 煤制芳烃下游专利申请趋势

国内煤制芳烃深加工产业下游数据整体呈增长趋势，并且与中游专利申请趋势相似，这可能由于随着中游煤制芳烃，尤其是甲苯甲醇烷基化、苯与甲醇烷基化、甲苯甲醇甲基化，与对二甲苯制备技术的发展，以及政策的支持，煤基芳烃深加工技术也随之发展，同时近几年相关专利申请数量有所增加。

#### (2) 下游各技术分支占比

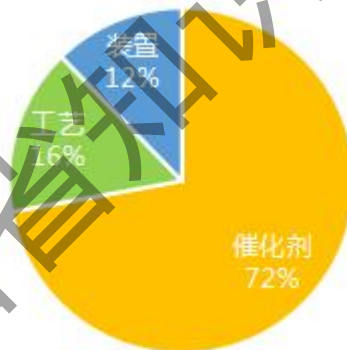


图 4-38 煤制芳烃下游专利技术分支分布

国内煤制芳烃下游专利技术分支中，催化剂占比最多，占下游专利总量的72%，其次为工艺技术，装置与产业上中游相比，在下游专利申请中占比相对较少。

表 4-6 全国芳烃下游产品分布

苯		二甲苯		甲苯	
下游产品	专利数量	产品占比	下游产品	专利数量	产品占比
苯乙烯	256	15.32%	对二甲苯	174	10.41%
异丙苯	181	10.83%	对苯二甲酸	20	1.20%
苯乙烯聚合物	96	5.75%	均四甲苯	19	1.14%
苯酚	95	5.69%	聚酯	18	1.08%
烷基苯	69	4.13%	邻苯二甲酸酐	15	0.90%
环己烷	65	3.89%	对苯二甲酸二甲酯	11	0.66%
乙苯	40	2.39%	其他	42	2.51%
氯苯	33	1.97%	硝基苯	86	5.15%
苯甲醛	26	1.56%	苯甲酸	55	3.29%
碳酸二苯酯	25	1.50%	二甲苯	40	2.39%
环己烯	23	1.38%	苯乙醇	29	1.74%
苯胺	23	1.38%	甲基苯乙醇	21	1.26%
环己酮	20	1.20%	甲苯乙醇	12	0.72%
己内酰胺	11	0.66%	乙苯/苯乙烯	10	0.60%
环己醇	10	0.60%	叔丁基甲苯	11	0.66%
对苯二酚	10	0.60%	对二甲苯	9	0.54%
其他	85	5.09%	其他	39	2.33%

如表 3-11 所示，国内煤制芳烃深加工产业链下游产品中，苯下游产品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。

### (3) 各技术分支申请趋势

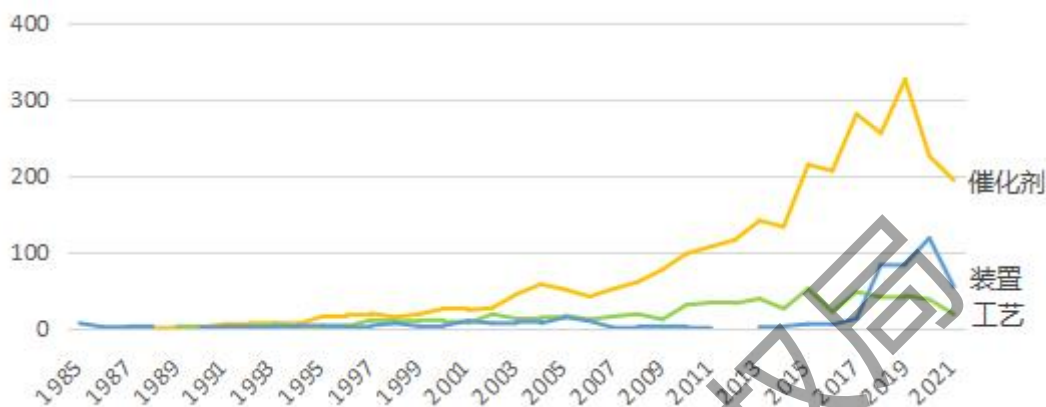


图 4-39 煤制芳烃下游专利申请趋势

可以看出，工艺技术专利申请相对稳定，催化剂自 2006 年至今基本呈增长趋势，国内装置技术研发较少，但在近几年专利数量有所增加，主要为中石化以及国外企业在中国的专利布局。

### (4) 申请人排名



图 4-40 国内煤制芳烃深加工产业下游专利申请人排名（前十）

国内煤制芳烃下游专利主要申请人有中石化以及该公司研究院，中科院大连化物所，大连理工、北京化工、浙江工业大学等高校，万华化学集团等企业以及国外埃克森美孚等企业。

### (5) 下游技术区域分布

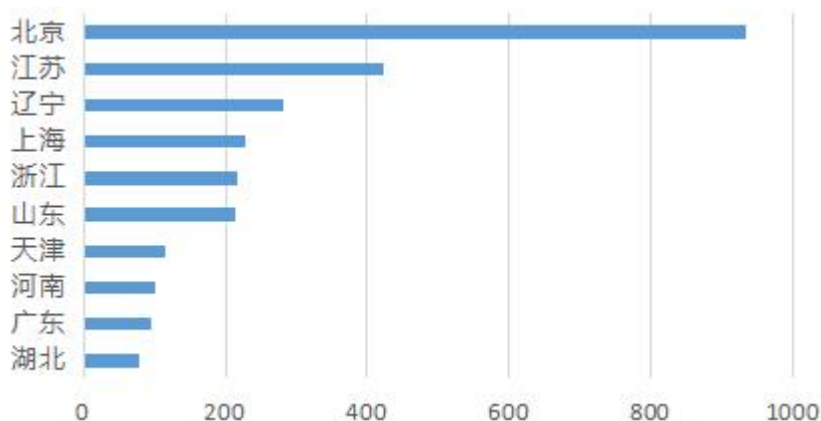


图 4-41 国内煤制芳烃深加工产业下游专利省份排名（前十）

国内煤制芳烃深加工产业下游专利申请人主要分布在北京、江苏、辽宁、上海、浙江等城市，陕西排名第十三位。

## 4.1.3 陕西煤制芳烃深加工产业专利整体概况

### 4.1.3.1 整体专利概况

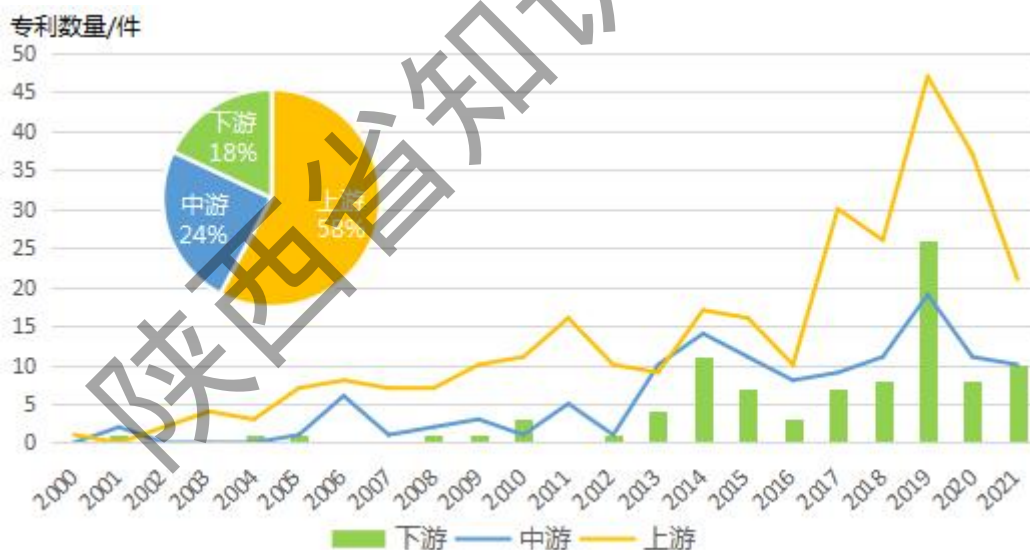


图 4-42 陕西煤制芳烃深加工产业链专利申请趋势

陕西煤制芳烃深加工产业专利申请集中在上游，占产业链总量的 58%，相比全球以及国内产业链结构，陕西在中游尤其是下游领域拥有专利技术相对较少。如上图所示，2013 年之前主要为上游专利申请，2014 年上游专利申请呈增长趋势，同时中下游专利数量相较前期有所增加，但每年专利申请数量变化较小，陕西在中下游技术相关专利产出比较稳定。



### 4.1.3.2 产业链上游专利分析

#### (1) 上游专利申请趋势

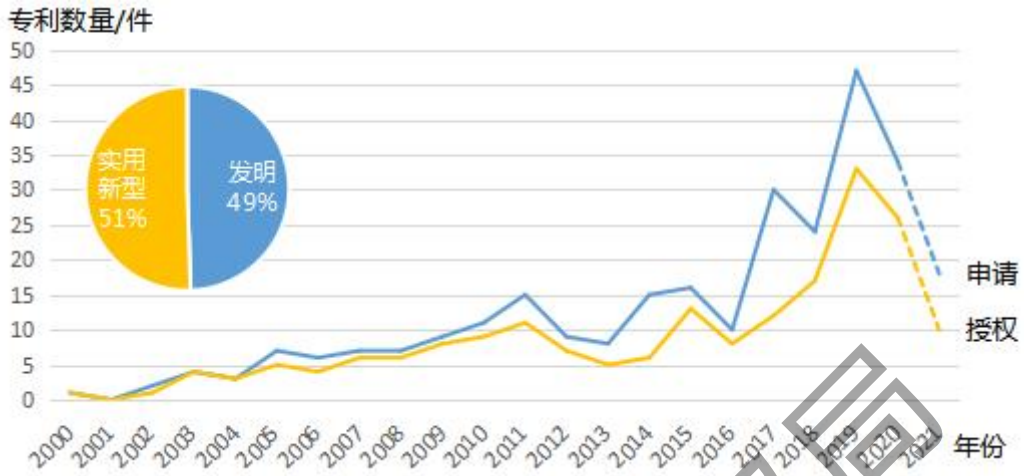


图 4-43 陕西煤制芳烃深加工产业上游专利申请趋势

陕西煤制芳烃深加工产业上游专利整体申请呈增长趋势，尤其是近几年专利数量有明显增加，2020年之后，一方面可能随着甲醇产能过剩，以及政策影响，煤制芳烃深加工技术研发更侧重中下游芳烃产品研发，同时可能受疫情影响，以及审查阶段未公开专利，近两年陕西上游专利数量有所下降。

#### (2) 技术分支构成及申请趋势



图 4-44 陕西煤制芳烃深加工产业上游专利技术分支申请趋势

陕西煤制芳烃深加工产业上游专利技术分支主要包括装置以及工艺两部分，其中主要为针对装置的专利申请，占比79%。工艺相关专利申请开始于2006年，2008年之后，专利申请较为连续，但每年专利申请量低于装置，这可能由于工

艺技术研发创新难度大，同时国内上游煤制甲醇技术已较为成熟，技术拥有主体主要为中科院、中石化的研究院以及清华大学等高校，陕西在上游可进行专利申请以及技术研发的空间并不大。

### （3）申请人排名



图 4-45 陕西煤制芳烃深加工产业上游专利申请人排名

陕西煤制芳烃深加工产业上游专利数量排名前十的申请人主要为企业、高校以及科研院所，包括陕西延长石油、西安热工研究院、西安交通大学、陕西聚能新创煤化科技、西北化工研究院、陕西黑猫焦化等。

#### 4.1.3.3 产业链中游专利分析

##### （1）专利申请趋势



图 4-46 陕西煤制芳烃深加工产业中游专利申请趋势

陕西煤制芳烃深加工产业中游专利自 2005 年至今有连续的专利申请，2019 年专利申请数量最多，同年专利技术主要集中在对二甲苯的制备中，如西北大学

甲醇制对二甲苯联产烯烃技术，陕西煤化工技术工程中心围绕粗苯直接烷基化制对二甲苯技术。

## (2) 中游各技术分支占比

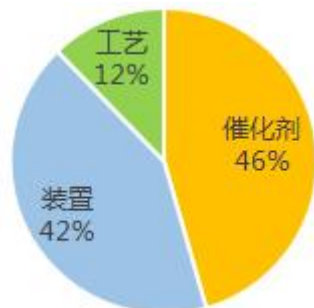


图 4-47 陕西煤制芳烃深加工产业中游专利技术构成

陕西煤制芳烃深加工产业中游技术构成中，催化剂相关专利数量最多，其次为装置，针对工艺技术的研发优化专利相对较少。结合表可以看出，陕西煤制芳烃下游专利技术中催化剂载体类型主要为分子筛，反应器主要为固定床以及流化床，工艺技术研发涉及苯或甲苯与甲醇烷基化反应。

表 4-7 陕西煤制芳烃深加工产业中游专利技术分支

一级	技术分支	专利数量	占比
工艺	苯与甲醇烷基化	3	3.41%
	煤制芳烃	2	2.27%
	甲苯甲醇烷基化	2	2.27%
	吸附分离	1	1.14%
	苯/甲苯甲醇烷基化	1	1.14%
催化剂	分子筛	33	37.50%
	氧化铝	3	3.41%
	其他载体	2	2.27%
	硅胶	2	2.27%
	活性炭	1	1.14%
反应器	固定床	21	23.86%
	流化床	15	17.05%
	其他	2	2.27%

如表 4-7 所示，陕西煤制芳烃深加工产业链技术主要涉及工艺、催化剂以及反应器，其中反应器以及催化剂技术分支与全球以及国内技术构成接近，但在工艺方面，相较于全球以及国内技术，陕西在工艺方面技术分支覆盖并不全面，如陕西在固定床/流化床甲醇制芳烃、合成气制芳烃等技术中，并没有相应专利申请，不过陕西在苯与甲醇烷基化、甲苯甲醇烷基化方面有一定技术研发以及专利产出。可以看出陕西中游工艺方面技术相对薄弱。

### (3) 各技术分支申请趋势



图 4-48 陕西煤制芳烃深加工产业中游专利技术构成申请趋势

陕西在煤制芳烃深加工产业中专利申请最早为针对装置的研发设计，2009年之后开始催化剂研究，并在2013年之后针对工艺有相应技术研发，近几年主要研发创新活跃主体包括陕西延长石油以及西北大学等。

### (4) 各地市技术排名

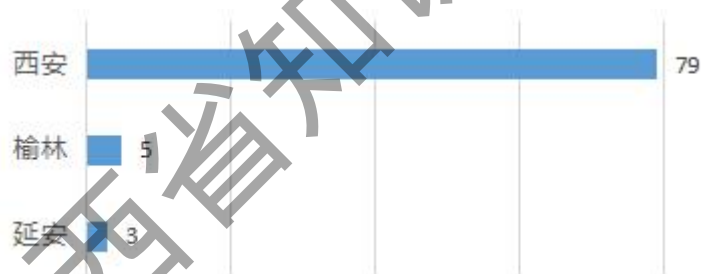


图 4-49 陕西煤制芳烃深加工产业中游专利地市排名

陕西煤制芳烃深加工产业中游专利技术申请人主要集中在西安，同时榆林、延安也有相关技术研究团队。

### (5) 申请人排名（发明人）



图 4-50 陕西煤制芳烃深加工产业中游专利申请人排名

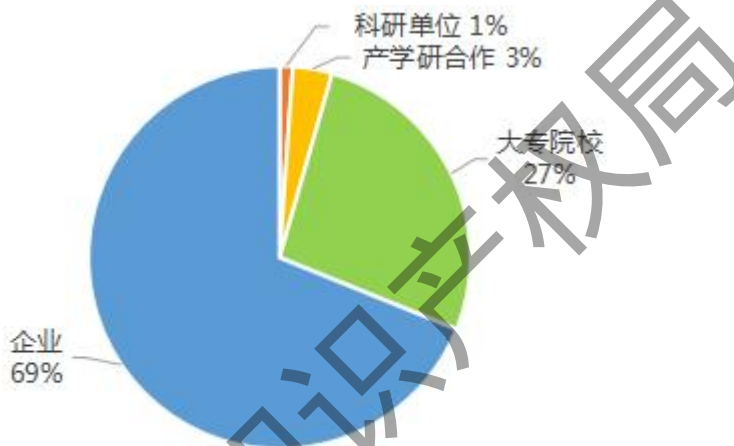


图 4-51 陕西煤制芳烃深加工产业中游专利申请人类型

陕西煤制芳烃深加工产业中游专利申请主体主要为企业以及高校，包括西北大学、西安交通大学等高校，陕西煤业化工、陕西延长石油、陕西华电榆横煤化工等企业。

#### 4.1.3.4 产业链下游专利分析

##### (1) 专利申请趋势

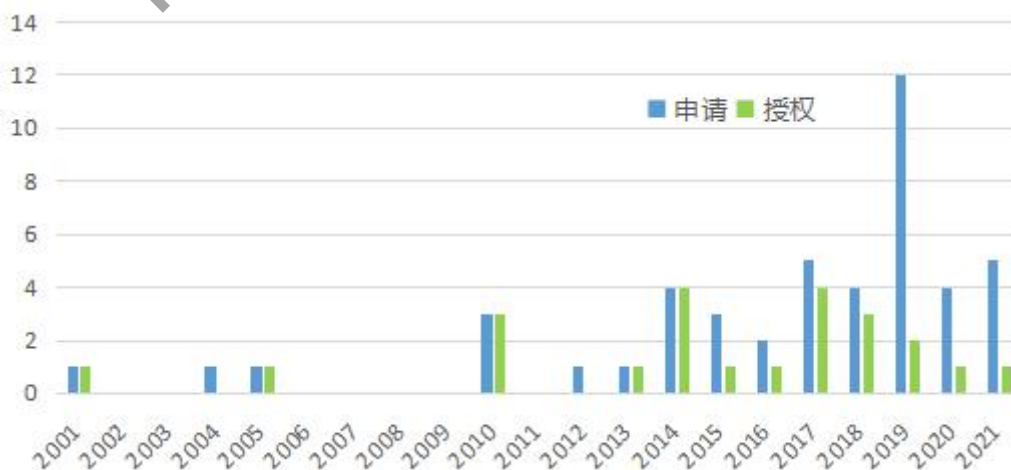


图 4-52 陕西煤制芳烃深加工产业下游专利申请-授权趋势

陕西煤制芳烃深加工产业下游专利申请数量相对较少,如图 3-91 所示,2019 年专利数量有所增加,这期间西北大学公开了一种以 ZSM-5 分子筛为原料,依次进行铵交换-锌负载-干胶转化-硅酯或硅烷改性的催化剂。经过硅改性(硅酯或/和硅烷改性)后,硅覆盖在催化剂表面,降低了催化剂的表面酸性,可有效抑制催化剂表面异构化、烷基化或烷基转移反应,同时硅改性后的催化剂表面富硅,能有效缩小孔口尺寸,在甲醇制芳烃的反应中,可使对二甲苯在二甲苯中的选择性得到有效的提升,并且该催化剂的制备方法操作简单、安全、成本低。同年,陕西科技大学提出一种用于苯直接氧化制备苯酚的非金属催化剂制备其应用方法,在乙酸水溶液为溶剂、醋酸盐为添加剂的条件下,在 120℃~150℃,可以催化氧气氧化苯制备苯酚,获得较好苯酚产率。

## (2) 下游各技术分支占比

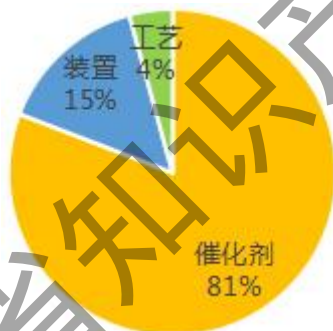


图 4-53 陕西煤制芳烃深加工产业下游专利技术构成

陕西煤制芳烃深加工产业下游技术构成中主要为催化剂相关专利,其次为装置,工艺相关专利技术专利数量较少,陕西下游凯立新材料等研发催化剂的企业等专利数量相对较多,从而影响技术构成中催化剂专利占比。

表 4-8 陕西煤制芳烃深加工产业下游专利技术分支

芳烃	下游产品	专利数量	占比
苯	苯甲醚	7	20.59%
	苯酚	3	8.82%
	苯胺	3	8.82%
	异丙苯	2	5.88%
	乙苯	2	5.88%
	乙二醇	1	2.94%
	碳酸二苯酯	1	2.94%
	氯化苯	1	2.94%
	环己烷	1	2.94%
	苯乙烯聚合物	1	2.94%
二甲苯	间苯二甲酸	1	2.94%
	间苯二甲腈	1	2.94%
	对二甲苯	1	2.94%
甲苯	硝基苯	4	11.76%
	苯酚	3	8.82%
	甲基乙苯	1	2.94%
	苯甲酸	1	2.94%

如表 4-8 所示，陕西芳烃下游产品相关专利申请较少，其中，苯下游产品中，专利申请包括苯甲醚、苯酚、苯胺等，甲苯专利申请涉及硝基苯、苯酚，二甲苯下游产品中包含对二甲苯、间苯二甲酸、甲苯二甲腈相关专利各一件。

### (3) 各技术分支申请趋势



图 4-54 陕西煤制芳烃深加工产业下游专利申请趋势

如图所示，陕西最早针对装置相关技术申请专利，近几年也有相应专利，陕西催化剂相关专利申请开始于 2010 年，2014 年之后有持续技术研发与专利产出，陕西在工艺方面技术研发较为薄弱。

### (4) 各地市技术排名

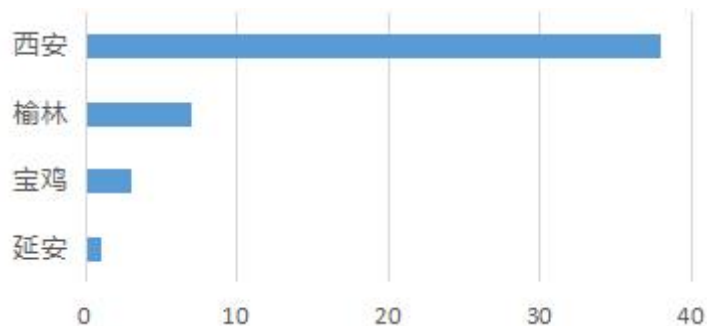


图 4-55 陕西煤制芳烃深加工产业下游专利申请趋势

陕西在下游专利申请人主要分布在西安、榆林、宝鸡以及延安。其中延安申请人主要为陕西延长石油(集团)有限责任公司炼化公司，2015年该企业公开一种 C8 芳烃异构化催化剂，应用于 C8 混合芳烃的异构化过程，合成的 C8 芳烃异构化催化剂长周期运转催化效率高，对二甲苯选择性好，芳烃损失少。

#### (5) 申请人排名



图 4-56 陕西煤制芳烃深加工产业下游专利申请趋势

陕西煤制芳烃深加工产业下游主要研发主体有西安凯立新材料、陕西延长石油、西北大学、榆林学院、西安元创化工科技以及陕西煤业化工技术研究院等。

#### 4.1.3.5 陕西专利转移转化情况



表 4-9 西安元创化工相关产品

应用领域	操作单元	催化剂产品
焦炉煤气化工利用 (制氨、甲醇、天然气、 油)	加氢	JT-1型加氢催化剂 JT-8型加氢催化剂
	脱硫	T305型脱硫剂 Tc-22型脱硫剂
	甲烷化合成	RHM-266型甲烷化催化剂
	甲醇合成	LC308型合成甲醇催化剂 LC210型联醇催化剂
	合成油	T907型水解催化剂 T305型脱硫剂
煤化工下游产品	合成二甲醚	RJM-1型二甲醚合成催化剂

2007-2009 年期间，西北化工研究院在甲醇制二甲醚、气流床煤气化反应器与温度测量系统、合成甲醇催化剂制备技术方面转让给西安元创化工科技股份有限公司 7 件专利，实现研究成果的转化应用。西安元创化工科技股份有限公司是由西北化工研究院发起设立并绝对控股，于 2012 年 12 月 28 日在陕西省工商局正式注册成立。是由西北化工研究院联合陕西关天产业基金（有限合伙）、上海复星创富股权投资基金合伙企业（有限合伙）、杭州五圣圆化学有限公司、陕西省技术进步投资有限责任公司四家投资企业在我国境内依法设立的股份制有限公司，下表为西安元创化工在煤化工方面产品。

#### 4.1.4 煤制芳烃深加工产业主要创新主体分析

##### 4.1.4.1 埃克森美孚

埃克森美孚公司（Exxon Mobil Corporation）是美国的一家非政府上市石油天然气生产商，也是全球最大的石油公司之一，总部位于德克萨斯州，于 1882 年创建。在能源和石化领域的诸多方面位居行业领先地位，主要业务是销售天然气、石油化工产品等。

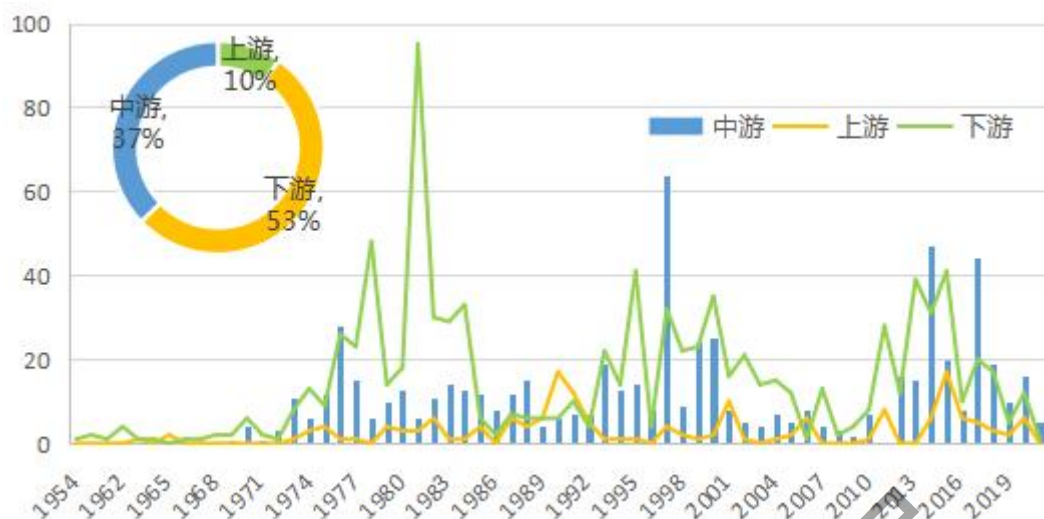


图 4-57 专利申请趋势

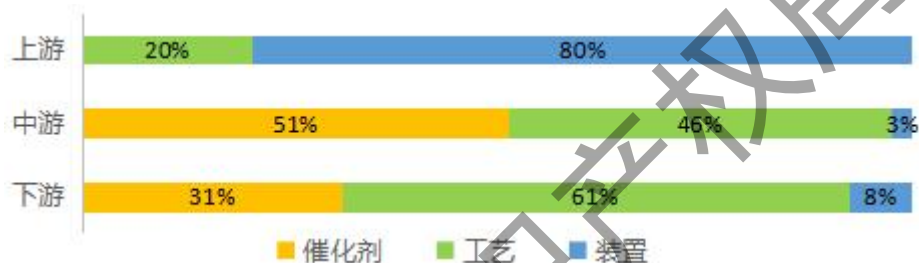


图 4-58 产业链技术构成

埃克森美孚在 20 世纪 50 年代已经涉及上游、下游相关专利申请，上世纪 70 年代，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，直至上世纪 80 年代，埃克森美孚首次在专利中公开甲醇制芳烃技术，至今该申请人在中游有较为持续的专利申请。此外可以看出该企业分别在 1974-1985 年、1993-2005 年、2012-2018 年期间，针对下游技术研发较为活跃。该企业在上游专利申请较少，结合图 3-105，可以看出，这主要因为埃克森美孚是石油企业，上游专利主要为一些通用装置，并且，中下游专利技术主要为工艺、催化剂的研发。该企业下游产品中主要为以二甲苯为原料制备对二甲苯，占下游产品相关专利总量的 48%，其次为苯制异丙苯、烷基苯、苯酚等，针对甲苯下游产品专利申请相对较少。如图 4-59，埃克森美孚在中下游催化剂以及工艺技术方面与高校、企业以及个人都有合作。

表 4-10 下游产品分布

芳烃	下游产品	专利数量	占比
苯	苯酚	30	5%
	苯乙烯	22	4%
	环己烷	17	3%
	异丙苯	58	10%
	烷基苯	56	9%
	乙苯	32	5%
	其他	14	2%
	二甲苯	4	1%
二甲苯	对二甲苯	287	48%
	乙苯	2	
	其他	9	1%
	苯甲酸	9	1%
甲苯	苯乙烯	11	2%
	对二甲苯	28	5%
	甲基苯乙烯	11	2%
	乙苯	5	1%
	其他	2	

陕西省知识导航

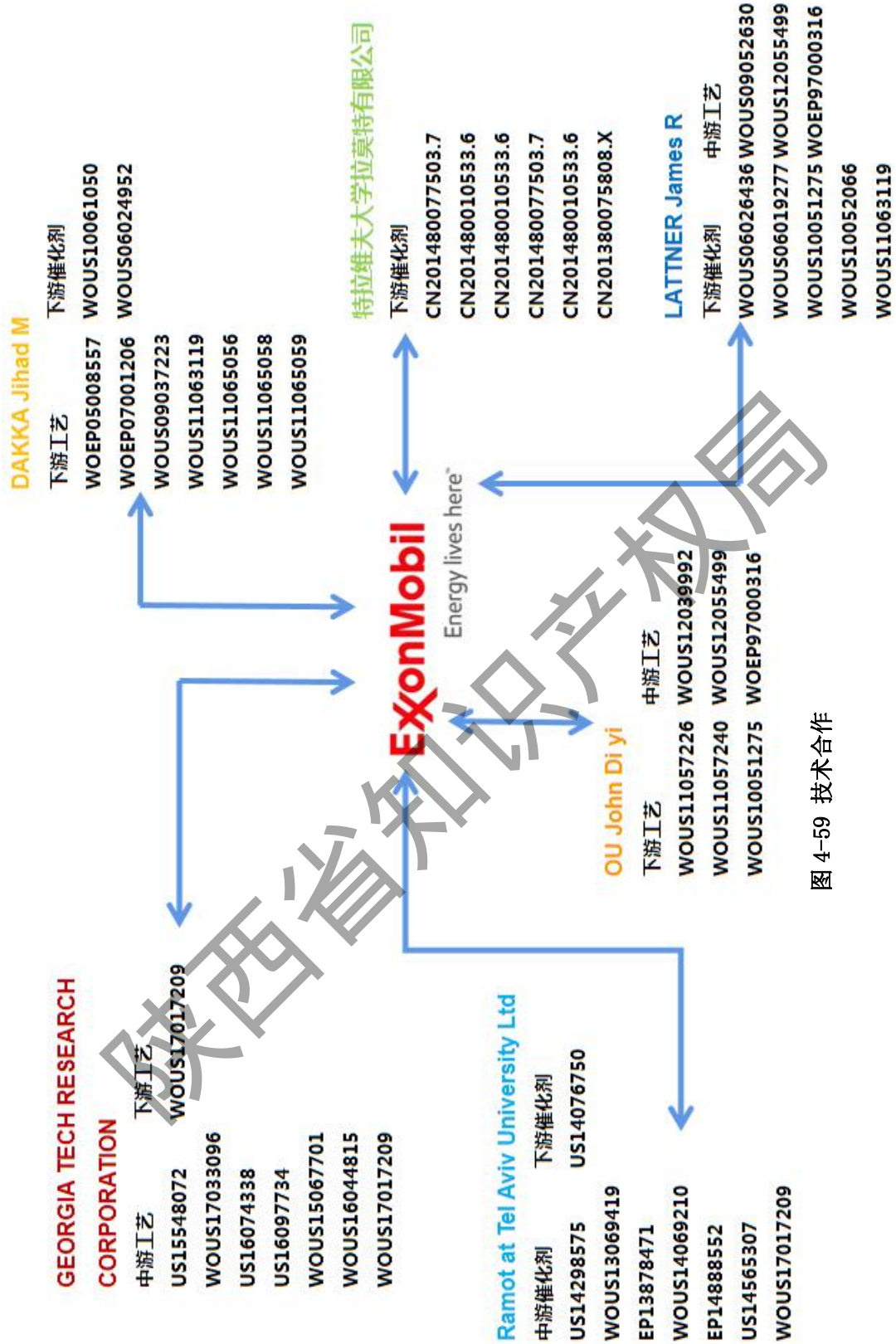


图 4-59 技术合作

#### 4.1.4.2 沙特基础工业公司

沙特基础工业公司(SABIC)成立于1976年,公司总部位于利雅得。今天 SABIC 无论在销售量还是产品多样性方面,都位于世界领先的石化公司之列。还是中东最大的非石油工业公司之一。作为跨国性企业, SABIC 业务遍及全球逾 50 个国家。在美国、欧洲、中东、南亚和北亚 5 个关键区域设有创新中心,拥有丰富的科研资源。SABIC 制造工厂遍布全球,包括美洲、欧洲、中东和亚太地区。作为多元化工企业, SABIC 产品涵盖化学品、通用及高性能塑料等。

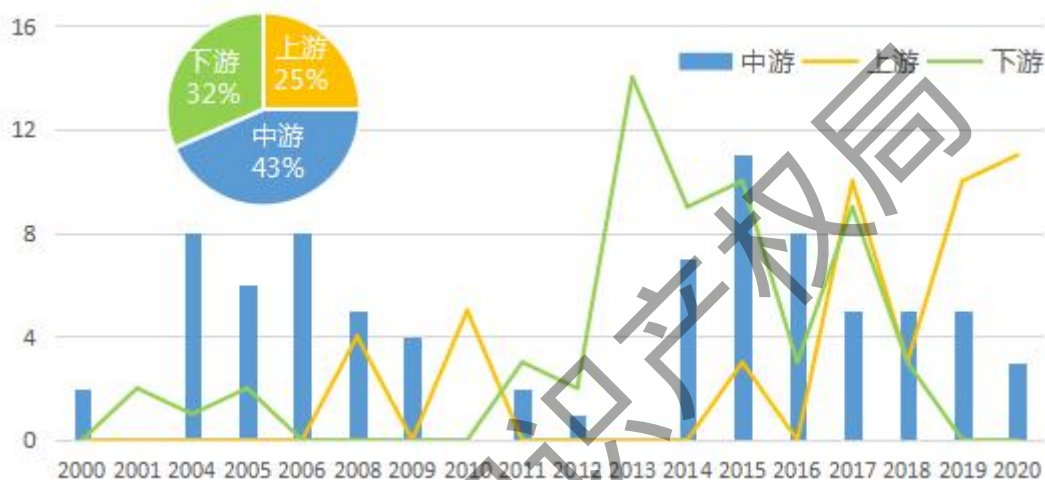


图 4-60 专利申请趋势

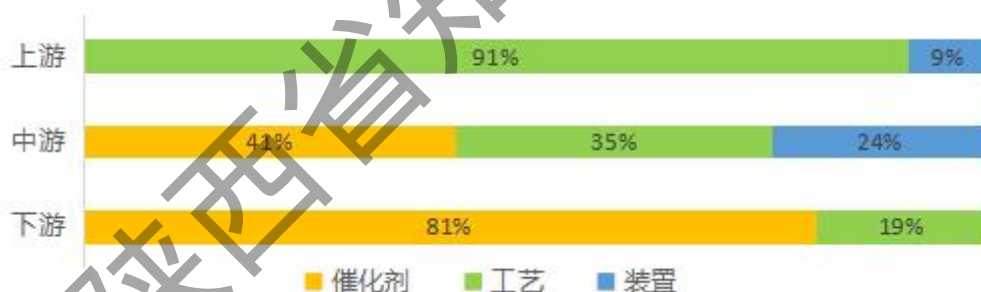


图 4-61 产业链技术构成

SABIC 在煤制芳烃深加工产业链构成中,中游专利数量占比 43%,下游占比 32%,由图 3-107 可以看出,该申请人早期专利研发主要集中在中游技术领域,近几年在中游专利申请较为稳定,下游专利申请有所减少,上游专利申请有所波动。如图 3-108 所示,上游专利主要集中在工艺研发,中游技术构成相对均衡,下游专利技术侧重催化剂研发,其次为工艺技术的研究。SABIC 芳烃下游产品主要为苯以及二甲苯的下游产品制备技术,包括 PBT、PET 等聚酯类产品。SABIC 技术合作主要在上游甲醇制备、中游合成气制甲醇以及下游催化剂技术领域。

表 4-11 下游产品分布

芳烃	下游产品	专利数量	占比
苯	苯酚	2	4%
	苯乙烯	4	9%
	苯乙烯聚合物	5	11%
	烷基苯	2	4%
	烷基酚	4	9%
	异丙苯	4	9%
	二甲苯	PBT	14
PET		9	20%

陕西省知识产权局



图 4-62 技术合作

#### 4.1.4.3 中科院山西煤化所

山西煤炭化学研究所于 1954 年 10 月在大连创建，命名为中国科学院煤炭研究室。1961 年迁至太原并扩建为中国科学院煤炭化学研究所，1966 年至 1978 年间曾改名为燃料化学研究所，1978 年改名为中国科学院山西煤炭化学研究所。经过 40 多年的发展，山西煤化所已成为我国在煤炭能源领域重要科研机构之一。

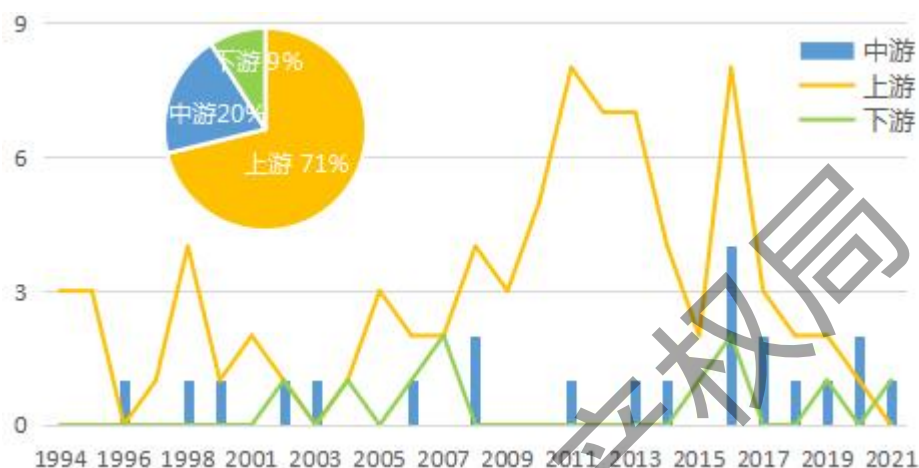


图 4-63 专利申请趋势

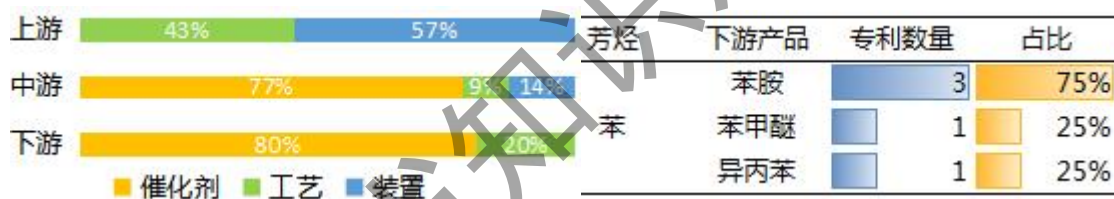


图 4-64 产业链技术构成

芳烃	下游产品	专利数量	占比
苯	苯胺	3	75%
	苯甲醚	1	25%
	异丙苯	1	25%

图 4-65 下游产品分布

中科院山西煤化所煤制芳烃产业技术专利申请开始于 1994 年，上游专利申请较为持续，中游尤其下游专利申请相对较少，上游专利数量占该申请人煤制芳烃技术专利总量的 71%。上游专利技术分支主要分布装置以及工艺中，中下游以催化剂技术为主，下游主要为苯制备苯胺等。

如图 4-66 山西煤化所技术合作包括在上游分别针对流化床反应器、移动床反应器技术与中煤能源黑龙江煤化工有限公司等煤化工企业和寒鼎工程有限公司的技术合作，上中游主要为 ZSM-5 催化剂技术方面的合作。



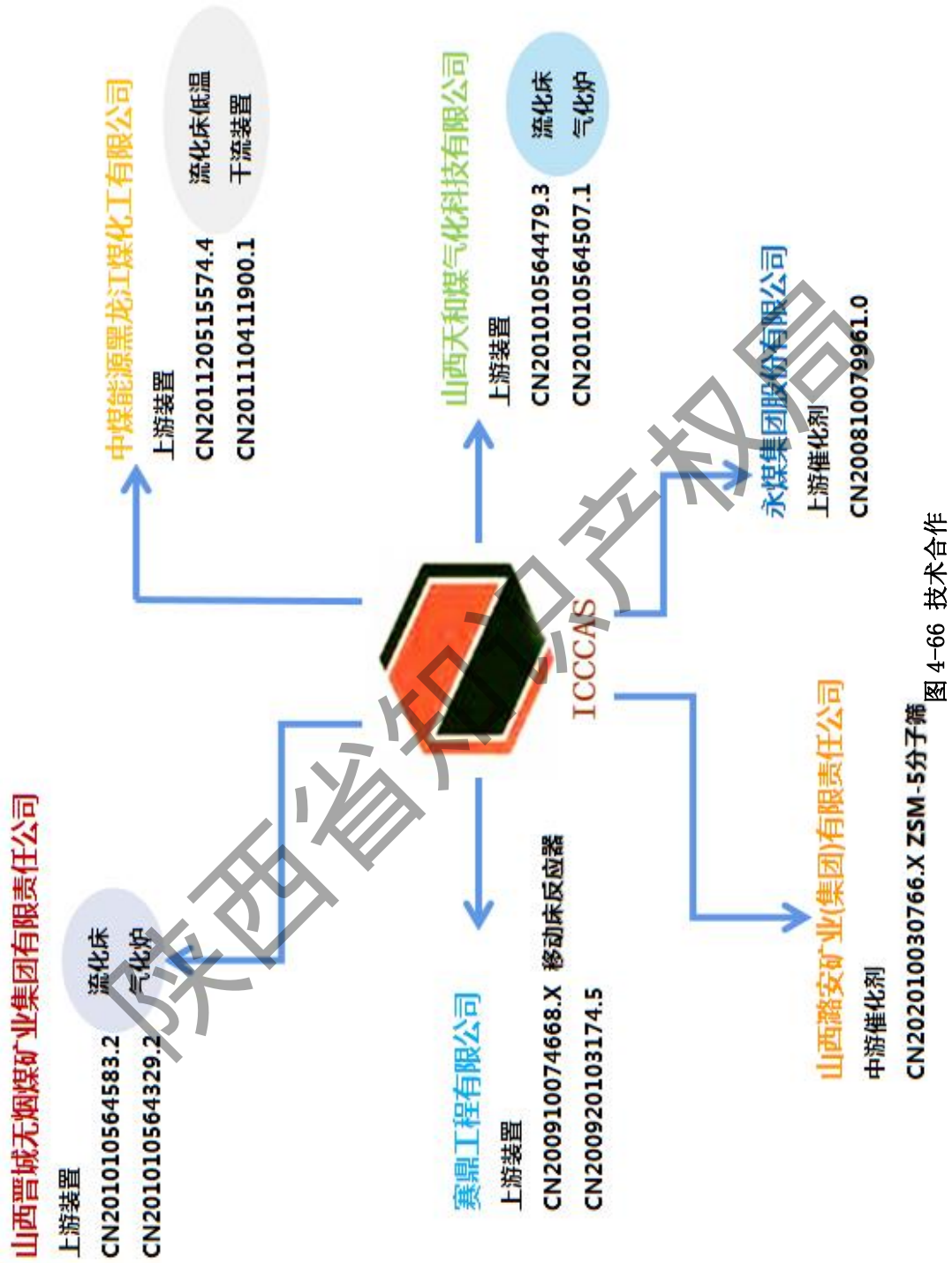


图 4-66 技术合作

#### 4.1.4.4 中科院大连化物所

中国科学院大连化学物理研究所，创建于1949年3月19日，是一个应用研究与基础研究并重、具有较强技术开发实力、以承担国家和企业重大项目为主的化学化工研究所，原名为“大连大学科学研究所”，1950年更名为“东北科学研究所大连分所”。

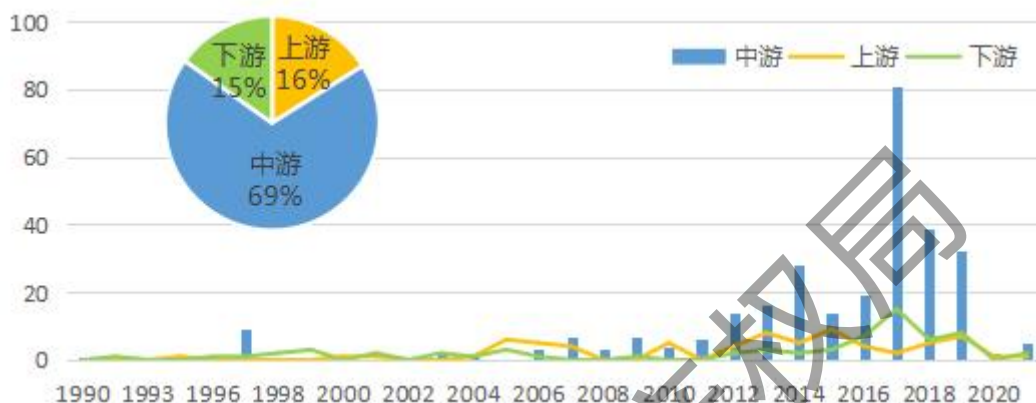


图 4-67 专利申请趋势

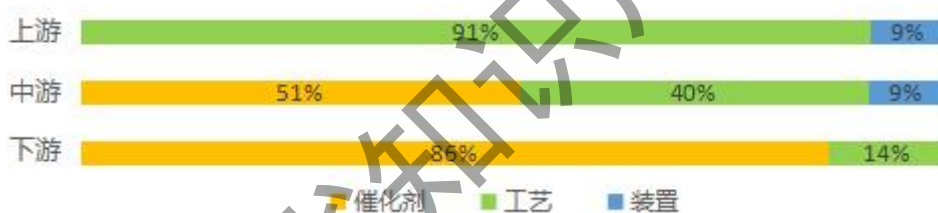


图 4-68 专利申请趋势

大连化物所在煤制芳烃深加工产业链中，专利申请主要集中在中游技术，其中，中游 51% 为催化剂及其制备技术，装置主要为反应器相关技术，工艺以及反应器相关专利分别占比 40%、9%，2006 年之前，该申请人专利申请数量较少，2006 年至今，尤其是 2017 年，该申请人在中游技术有较多研究，以及专利产出。该申请人下游产品研究涵盖苯、甲苯以及二甲苯下游产品制备，其中下游产品主要为乙苯、苯乙烯制备技术的研究。

表 4-12 下游产品分布

芳烃	下游产品	专利数量	占比	
苯	苯胺	1	2%	
	苯酚	3	7%	
	苯甲醚	4	9%	
	苯乙烯	9	21%	
	苯乙烯聚合物	1	2%	
	环己胺	1	2%	
	环己烯	2	5%	
	环氧苯乙烷	1	2%	
	甲酚	2	5%	
	烷基苯	2	5%	
	乙苯	5	12%	
	异丙苯	1	2%	
	二甲苯	1,4-环己烷二甲酸二甲酯	1	2%
		对二甲苯	1	2%
间苯二甲腈		2	5%	
甲苯	苯甲酸	1	2%	
	苯乙烯	5	12%	
	硝基苯	1	2%	

图 4-69，大连化物所在煤制芳烃深加工产业上中下游都有技术合作，中游工艺方面与中国海洋石油公司针对流化床甲醇制芳烃、甲醇芳构化、烷基化等多个技术分支中都有合作，中游催化剂技术上，分别与盘锦三力中科新材料有限公司、吉林大学、抚顺石油化工公司石油二厂、中国石油化工总公司在氧化铝催化剂、ZSM 分子筛催化剂方面共同申请专利，在上游合成气制备技术中，与英国石油有限公司有所合作。

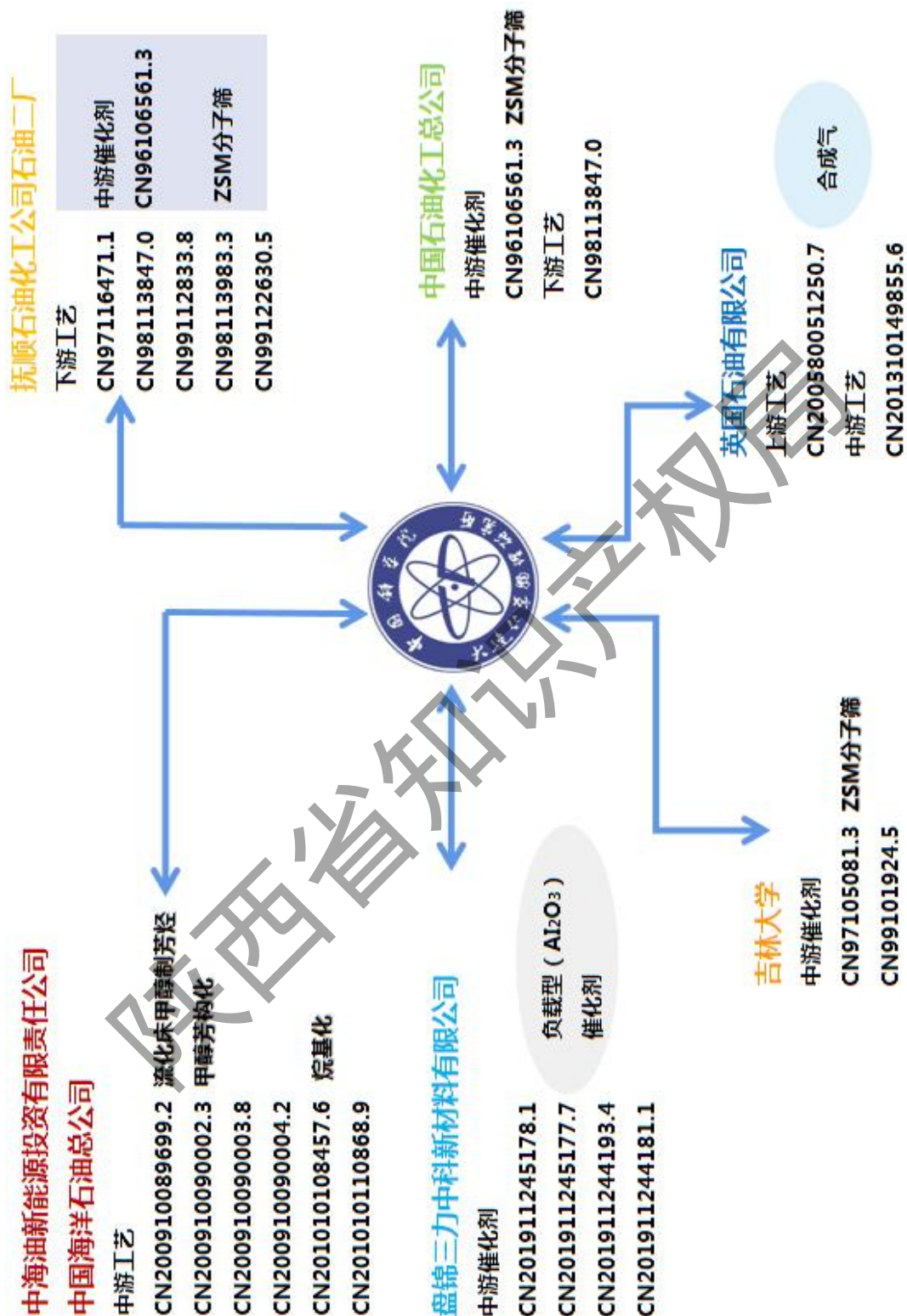


图 4-69 技术合作

#### 4.1.4.5 中石化上海石油化工研究院

1984年12月，成为直属中国石油化工总公司，更名为中国石油化工总公司上海石油化工研究所，于1990年由研究所升格为研究院。1998年底，更名为中国石油化工集团公司上海石油化工研究院，并于2000年4月，随中国石化整体重组改制，本院上市部分设立为中国石油化工股份有限公司上海石油化工研究院至今。该院长期从事基本有机原料、有机原料二次加工及高分子材料合成等石油化工成套技术及相关催化剂及催化材料的研究开发和应用业务，致力于石油化工烯烃和芳烃的化工利用；同时也是基本有机原料国家工程研究中心及全国化学标准化技术委员会石油化学分技术委员会的依托单位。开发了一系列有机化工原料生产工艺及催化技术，为我国三大合成材料的发展作出了贡献，取得了一大批工业化成果。如丙烯氨氧化制丙烯腈、甲苯歧化制二甲苯、乙苯脱氢制苯乙烯等催化剂和成套工艺技术水平已居国际领先或先进水平；在醋酸乙烯、PTA、裂解汽油加氢、催化蒸馏合成甲基叔丁基醚、分子筛烷基化合成乙苯及异丙苯等催化技术开发方面也取得了显著成绩。

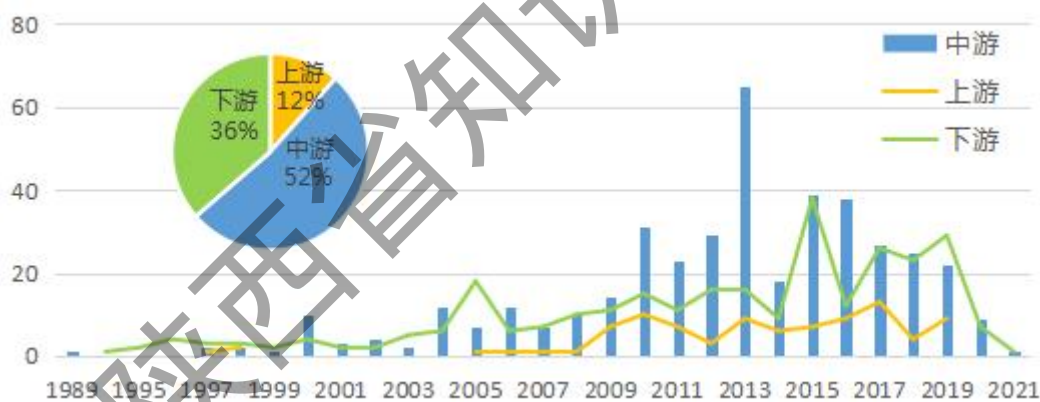


图 4-70 专利申请趋势

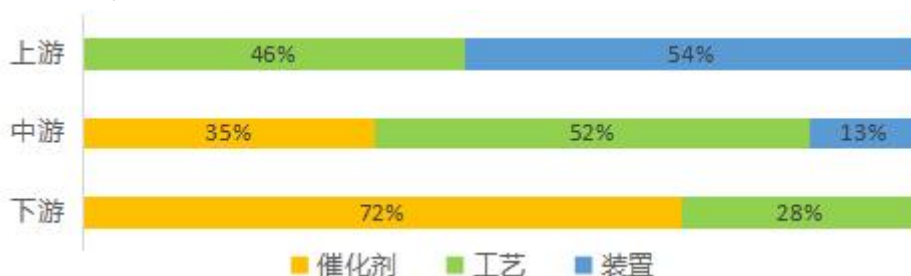


图 4-71 产业链技术构成

上海石油化工研究院在煤制芳烃深加工产业技术相关专利申请时间较早，在该产业以中游技术研究为主，其中，中游相关专利占比 52%，其次为下游占比 36%，

在上游专利申请较少。2013 年之前，每年专利申请数量相对较少，但整体呈缓慢增长趋势，2013 至今，中下游专利申请有所下降，上游每年专利申请数量较为稳定。上游主要为工艺、装置的研究，中游工艺相关专利占比最多，其次为催化剂，装置主要为流化床/固定床反应器，占比 13%，下游技术分支集中在催化剂、工艺方面，该企业下游产品制备技术主要为苯制异丙苯、二甲苯制对/间苯二甲酸，以及甲苯制苯乙烯等。

表 4-13 下游产品分布

芳烃	下游产品	专利数量	占比
苯	苯酚	3	1%
	苯乙烯	85	34%
	环己烷	2	1%
	碳酸二苯酯	6	2%
	烷基苯	10	4%
	乙苯	2	1%
	异丙苯	69	27%
二甲苯	1,4-环己烷二甲醇	6	2%
	聚酯	2	1%
	对/间苯二甲酸	9	4%
甲苯	苯甲酸	11	4%
	甲基苯乙烯	3	1%
	乙苯/苯乙烯	21	8%
	对二甲苯	1	0%
烷基芳烃	烷基芳烃	22	9%

#### 4.1.4.6 清华大学

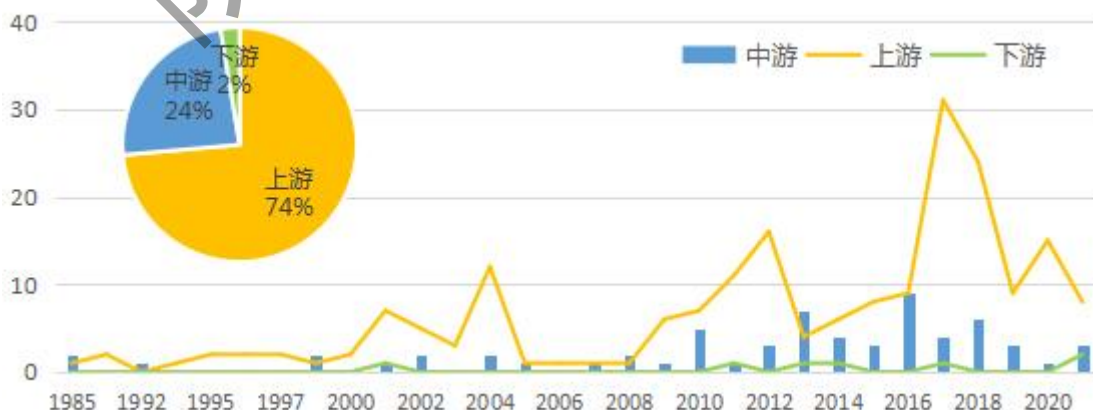


图 4-72 专利申请趋势

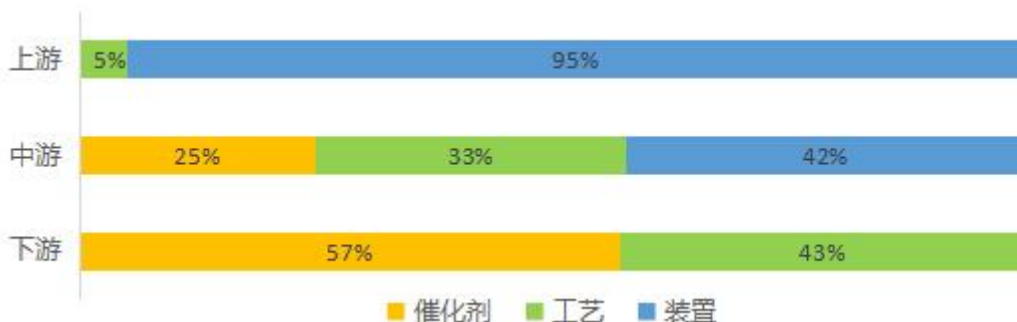


图 4-73 产业链技术构成

清华大学在煤制芳烃深加工产业领域，专利技术集中在上中游，并且上中游以流化床反应器等装置研究为主，中游针对循环床甲醇制芳烃、甲醇芳构化等工艺、催化剂也有较多研究以及专利产出。下游专利技术分支主要为催化剂及工艺，以及苯下游产品制备技术的研究。

表 4-14 下游产品分布

芳烃	下游产品	专利数量	占比
苯	苯胺	1	25%
	苯乙烯	1	25%
	苯乙烯聚合物	1	25%
	其他	1	25%

清华大学在上游装置、中游催化剂以及工艺，其中，中游工艺主要为在甲醇芳构化、合成气制芳烃方面与华电煤业集团共同申请的 7 件专利。

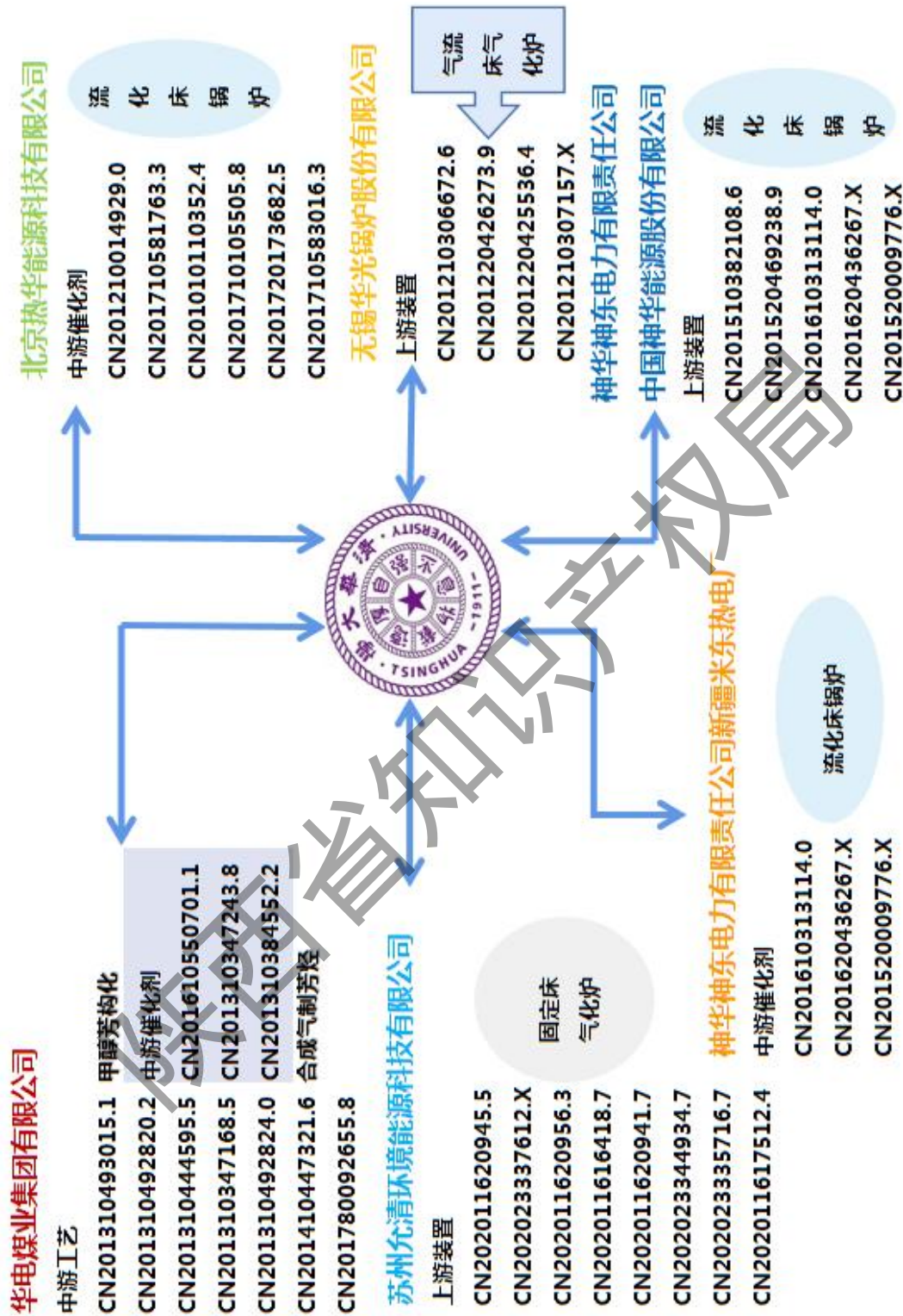


图 4-74 技术合作



#### 4.1.4.7 陕西煤业化工技术研究院有限责任公司

陕西煤业化工技术研究院有限责任公司成立于 2011 年 05 月 10 日。公司经营范围包括投资研究与开发能源、化工、材料、装备制造行业工业化生产技术和产品等。



图 4-75 专利申请趋势

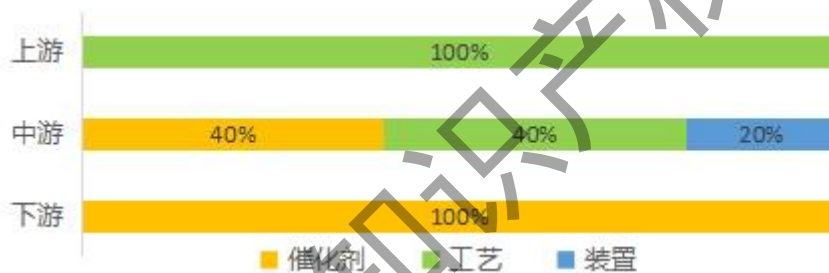


图 4-76 产业链技术构成

该企业成立时间较晚，自 2012、2013 年分别针对上游申请 1 件专利，中游 3 件专利后，直至 2018 年开始在中下游相关专利的申请，其中中游专利技术涵盖工艺、催化剂以及反应器，上下游专利技术分别为工艺、催化剂，下游产品主要为苯甲醚。

#### 4.1.4.8 陕西延长石油(集团)有限责任公司

陕西延长石油（集团）有限责任公司（简称延长石油集团），是国内拥有石油和天然气勘探开发资质的四家企业之一，隶属于陕西省人民政府。主要负责石油和天然气勘探、开采、加工、管道运输、产品销售，石油和天然气化工、煤化工、装备制造、工程建设、技术研发等。

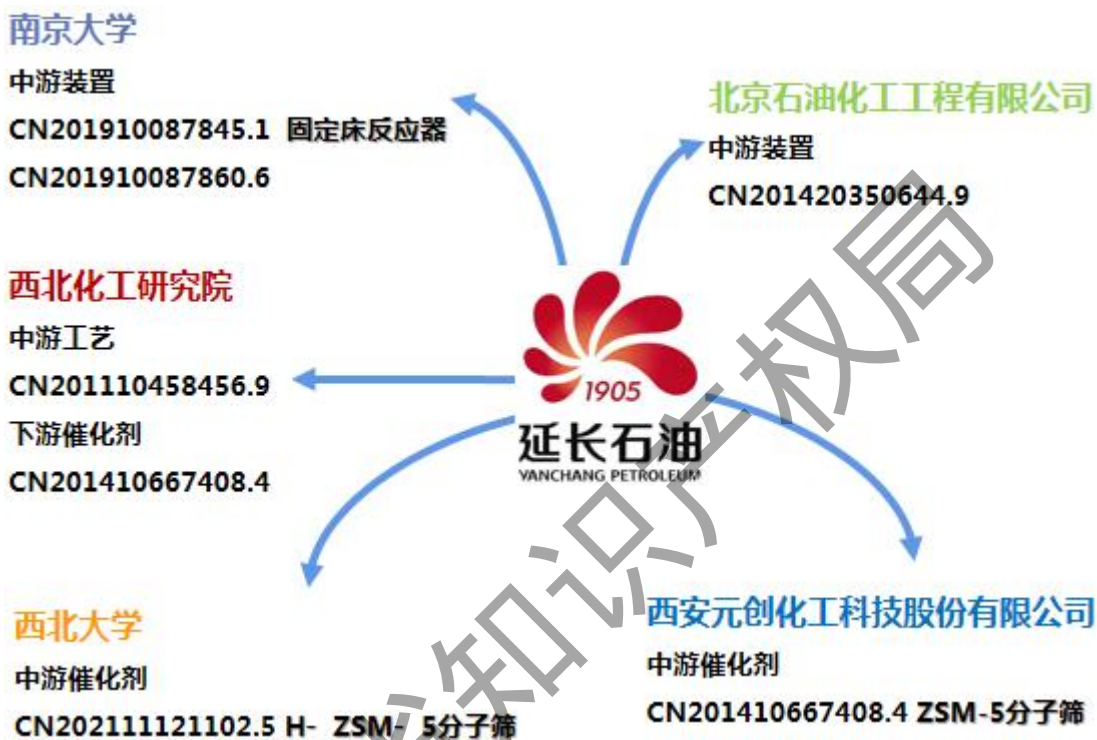


图 4-77 技术合作

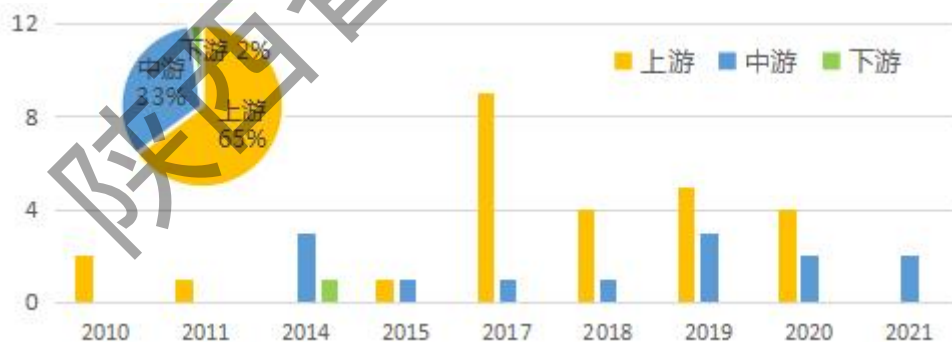


图 4-78 专利申请趋势

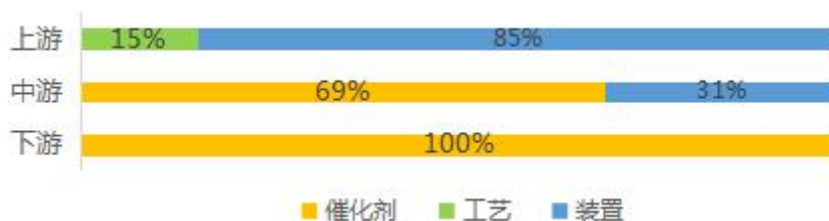


图 4-79 产业链技术构成

延长石油煤制芳烃深加工产品专利申请开始于 2010 年，并且主要为上中游专利，上游专利技术分支以装置为主，中游技术分支集中在催化剂、反应器方面，工艺布局存在较多技术空白点。陕西延长石油主要在中游装置以及催化剂技术领域与南京大学、北京石油化工工程有限公司、西北化工研究院、西北大学以及西安元创化工科技股份有限公司的技术合作。

#### 4.1.4.9 重要申请人对比

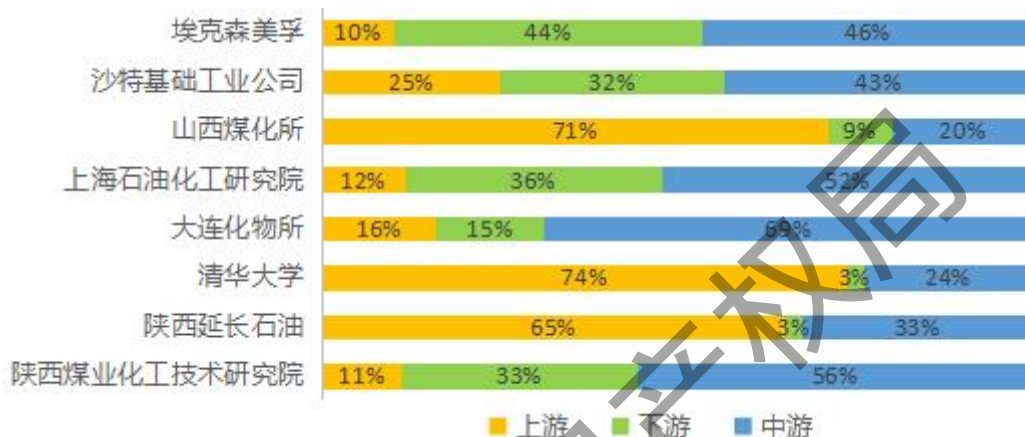


图 4-80 重要申请人产业链对比

上图为重要申请人产业链专利对比，可以看出，山西煤化所、清华大学、陕西延长石油专利布局集中在上游技术；埃克森美孚、沙特基础工业公司、大连化物所、陕西煤业化工技术研究院、上海石油化工研究院专利布局主要围绕中游甲醇（合成气）制芳烃技术，并且这几位申请人在下游也有一定技术研发。

#### 4.1.4.10 发明人分析

由下图可以看出，2000 年至 2017 年，全球以及国内产业链上中下游发明人数量整体呈增长趋势，近两年创新人才数量有所减少。

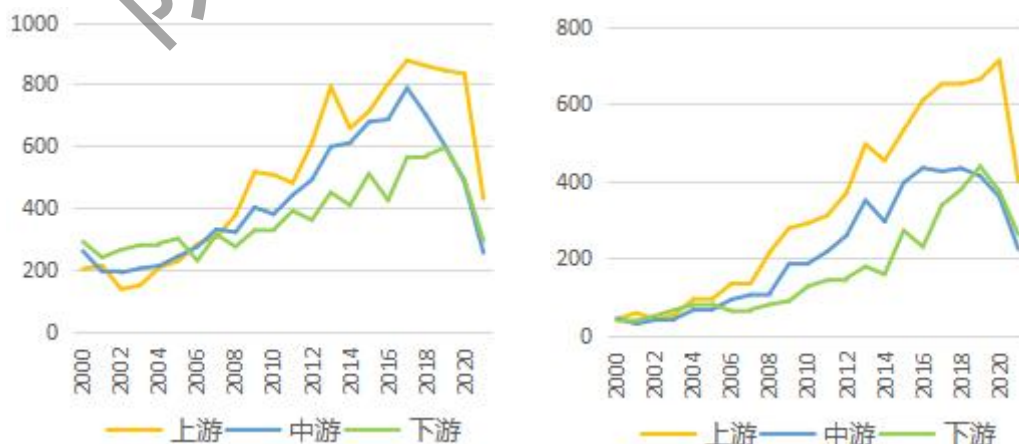


图 4-81 全球煤制芳烃发明人变化趋势 图 4-82 国内煤制芳烃发明人变化趋势

国内煤制芳烃深加工产业中游以及下游发明人排名第一的分别为中石化集团公司高级专家缪长喜、中石化集团公司首席专家孔德金，国内煤制芳烃深加工产业上中下游相关专利数量最多的发明人为中石化（上海）能源贸易有限责任公司副总经理宋磊。

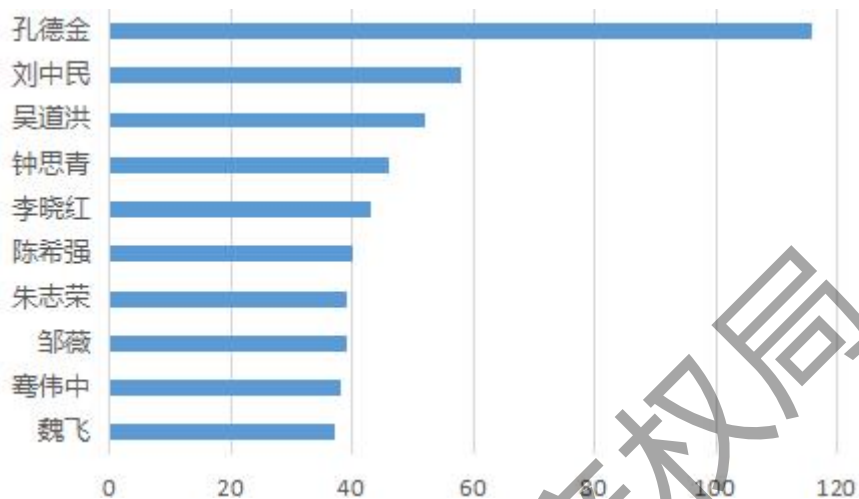


图 4-83 国内煤制芳烃深加工产业中游发明人排名

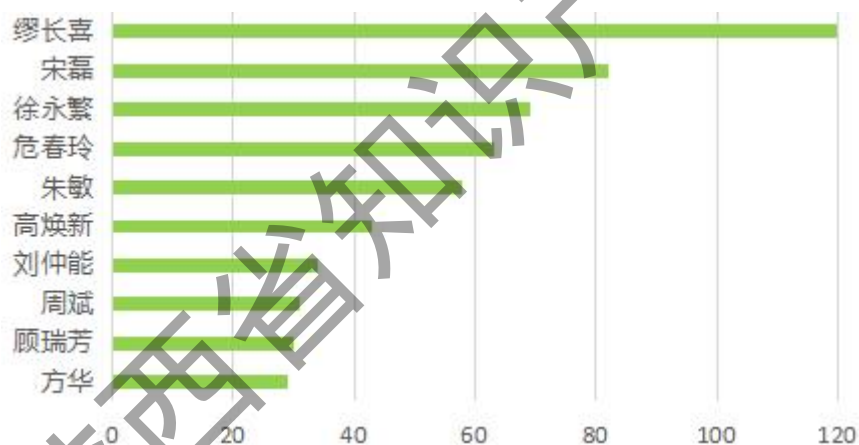


图 4-84 国内煤制芳烃深加工产业下游发明人排名

## 4.2 陕西煤制芳烃深加工产业现状定位导航

### 4.2.1 陕西煤制芳烃深加工产业产业链定位

陕西作为中国重要的煤炭资源分布地，具备雄厚的产业基础和人才资源储备。陕西省煤化工产业 2021 年营收 1524.01 亿元，同比增长 60.32%，然而，在以煤制烯烃高端煤化工技术产业方面，陕西省的专利申请申请量在全国第九位，其总量占全国的 2%，与国内其他煤制烯烃产业重点区域相比也有较大的差距，因此，亟待梳理明晰陕西煤制烯烃产业现状定位，以便采取针对性措施提高综合竞争力，下面具体从以下几个方面给出煤制烯烃产业现状的定位。

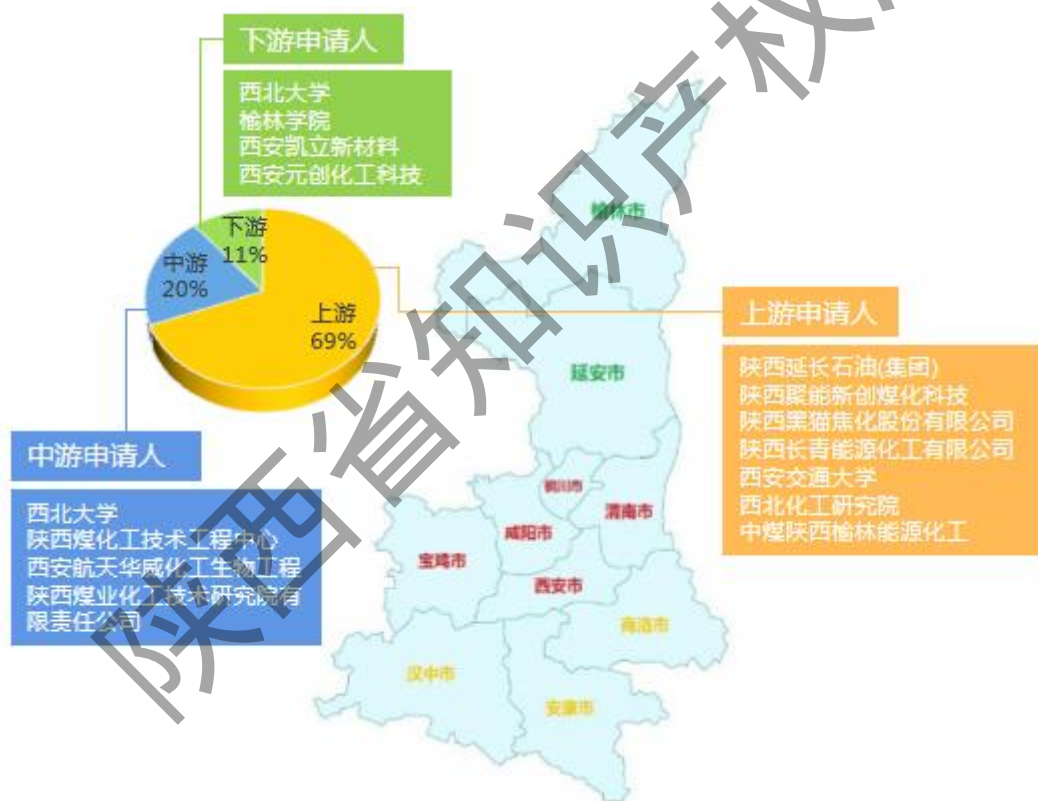


图 4-86 陕西煤/甲醇制芳烃上中下游申请人分布

陕西煤制芳烃深加工技术在产业链上中下游均有企业分布，其中上游申请人主要有陕西延长石油、陕西聚能创新煤化科技、陕西黑猫焦化等企业，中游主要研发企业为陕西煤化工技术工程中心，陕西下游专利申请侧重在催化剂方面的研发，如西安凯立新材料在该领域的专利申请，同时西北大学在中下游也有相应技术研发。

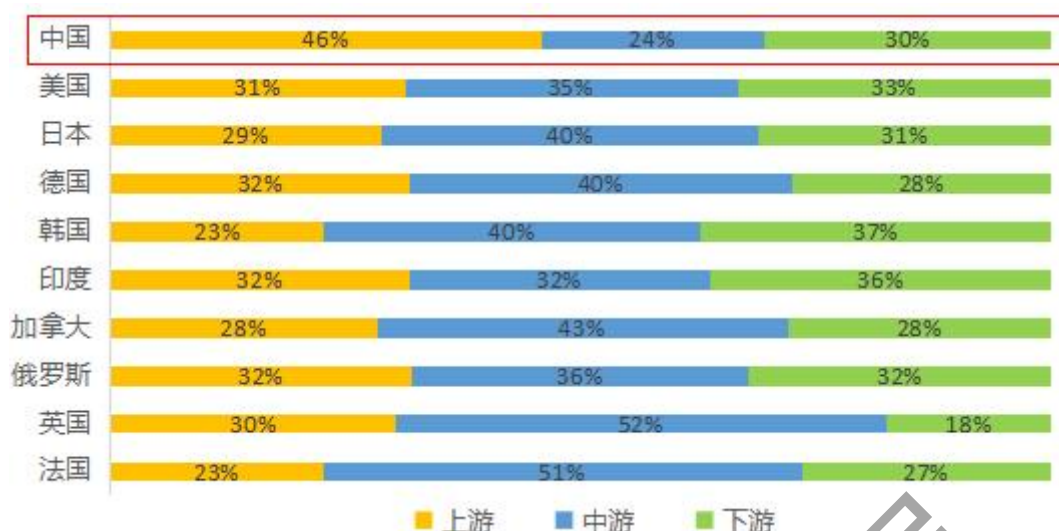


图 4-87 国内外煤/甲醇制芳烃产业链对比

如图 4-87 所示，全球煤制芳烃深加工产业专利数量排名前十的国家中，国内外专利在产业链布局中最明显的在上、中游专利数量占比的差异，中国是上游专利占比最多，同时中游占比最少的国家，这可能由于我们煤炭资源丰富，煤化工技术成熟，而相比中游甲醇制芳烃技术，与全球技术相比发展较晚。同时可以看出，美国上中下游专利布局较为均衡，日本、德国、韩国、加拿大、尤其是英国和法国，更侧重中游技术研发以及专利申请。



图 4-88 国内煤/甲醇制芳烃各省份产业链对比

国内煤制芳烃深加工技术相关专利申请集中在北京、江苏、山东、浙江、上海以及辽宁等省份，并且专利申请侧重上游技术，其中，北京在中下游专利申请相对较为均衡，除辽宁外，其余省份专利主要分布在上游，陕西在下游以及中游涉及相关专利数量较少，这可能也是由于国内包括陕西在上游煤制甲醇（合成气）等技术，发展相对较早，技术较为成熟，中下游，技术研发开始较晚，并且随着

中科院山西煤化所、清华大学、中石化上海石油化工研究院等团队在中游甲醇制芳烃技术中的成功研发以及专利布局，产业内其他申请人在绕开现有技术进行技术创新时，研发难度较大。

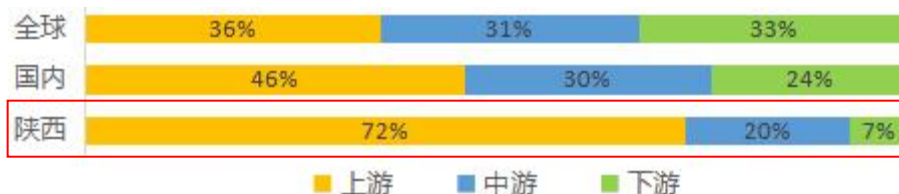


图 4-89 煤/甲醇制芳烃深加工产业链对比

如上图 4-89 所示，全球煤制芳烃深加工产业链上中下游相关专利数量分布以及技术发展较为均衡，国内上游专利数量占比略多于中下游，相比之下，陕西产业链构成中，主要集中在上游技术相关专利申请中，在中游尤其是下游技术上，专利申请相对较少。

#### 4.2.2 陕西煤制芳烃深加工产业技术链定位

如表 4-14 所示，全球、国内以及陕西上游专利中，装置占比更多；中游除了反应器、在催化剂方面也有较多专利申请，工艺相关专利数量相对较少；下游专利技术构成中，全球专利催化剂数量最多，其次为反应器，国内同样催化剂相关专利数量最多，不同于全球专利技术构成，相较于流化床/固定床反应器相关技术，国内在工艺方面专利申请数量更多，这可能由于国内部分企业装置引进外国设备，并且该领域部分设备属于通用装置，国外技术研发时间更早，在反应器研发设计中，技术更为成熟。同时，受能源资源分配影响，相比国外，国内申请人在工艺技术上提出多种技术路线。以下分别针对上游技术分支、中游工艺以及下游产品情况进行具体分析。

表 4-14 煤制芳烃上中下游技术构成区域对比

产业链	一级	全球	国内	陕西
上游	工艺	5372	1678	63
	装置	9974	6003	241
中游	催化剂	4045	1702	41
	工艺	2789	1019	11
下游	反应器	6559	2348	38
	催化剂	5601	2844	38
	工艺	3744	626	2
	反应器	4638	490	7

上游技术中，流化床反应器、甲醇合成制备工艺、固定床反应器、甲醇生产装置、气化以及移动床反应器相关专利申请数量最多，陕西在气化装置及工艺方面专利数量相比全球及国内占比更多，固定床反应器相关专利相对占比较少。

表 4-15 煤制芳烃上游技术分支区域对比

上游技术分支	全球		国内		陕西	
流化床	6748	44%	3882	53%	138	46%
甲醇合成制备工艺	4822	32%	1345	18%	45	15%
固定床	874	6%	521	7%	9	3%
甲醇生产装置	797	5%	441	6%	21	7%
气化	567	4%	306	4%	28	9%
移动床	471	3%	229	3%	12	4%
甲醇制二甲醚	292	2%	140	2%	3	1%
其他装置	243	2%	160	2%	17	6%
净化	113	1%	76	1%	7	2%
煤热解反应器	101	1%	79	1%	11	4%
废水/废气处理装置	95	1%	80	1%	9	3%
催化反应器	77	1%	30	0%		

与全球、国内中游专利相比，陕西在工艺方面，55%的专利为苯/甲苯甲醇烷基化技术，在其他工艺路线中专利布局技术空白点较多；反应器相关专利不同于全球及国内，陕西固定床反应器专利数量多于流化床反应器；催化剂载体类型，同全球及国内相同，都是以分子筛催化剂为主。

表 4-16 煤制芳烃中游技术分支区域对比



中游	技术分支	全球	国内	陕西
工艺	苯/甲苯甲醇烷基化	350   13%	145   14%	6   55%
	固定床甲醇制芳烃	48   2%	39   4%	
	流化床甲醇制芳烃	75   3%	61   6%	
	合成气制芳烃	247   9%	40   4%	
	甲苯甲醇甲基化	251   9%	85   8%	
	甲苯歧化	104   4%	43   4%	
	甲醇芳构化	102   4%	84   8%	
	甲醇甲苯制PX	24   1%	13   1%	
	吸附/萃取/结晶分离	633   23%	236   23%	1   9%
	煤制芳烃	75   3%	44   4%	2   18%
	其他	880   32%	218   22%	2   18%
	反应器	固定床	1722   26%	818   35%
流化床		4644   71%	1361   59%	15   39%
移动床		193   3%	131   6%	2   5%
催化剂	分子筛	2093   65%	983   66%	33   80%
	氧化铝	490   15%	185   12%	3   7%
	硅胶	78   2%	38   3%	2   5%
	活性炭	45   1%	32   2%	1   2%
	其他	538   17%	256   17%	2   5%

如下图所示，北京、江苏、上海、辽宁在中游芳烃制备环节，围绕多个技术分支进行研究以及专利布局，尤其是流化床甲醇制芳烃技术研发主体，主要分布在北京地区。陕西在中游主要涉及苯与甲醇制芳烃技术、甲苯甲基化以及合成气与苯/甲苯制芳烃，与国内其他省份技术构成相比陕西在甲醇芳构化方面技术研究较少。对比陕西以及专利申请数量排名靠前的省份，如下表所示，可以看出陕西在中游技术研发主体主要为企业，北京、上海、江苏以及山西在该技术领域，高校、研究所研发活动较为活跃，陕西应加强产学研合作，利用本地院所科研力量，从而提升企业技术研发能力。

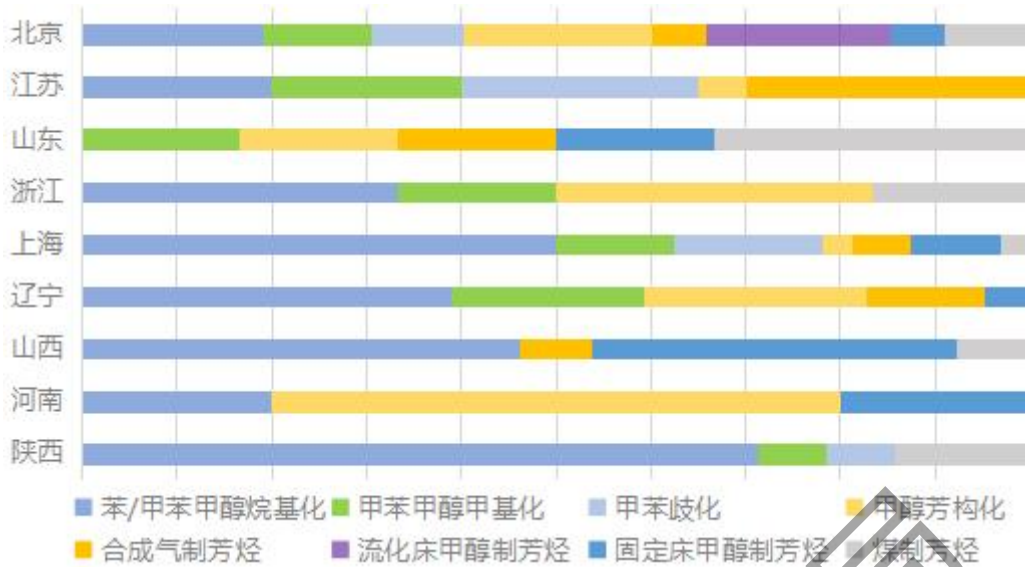


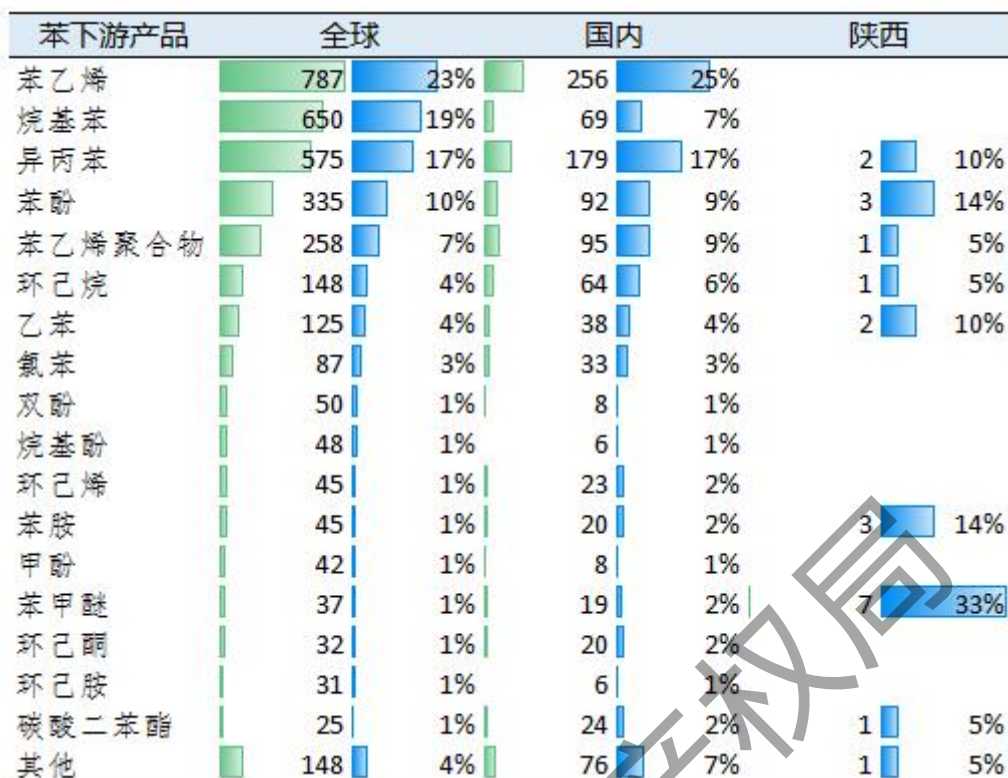
图 4-90 中游工艺技术分支省份分布

苯下游产品中，全球以及国内苯乙烯相关专利分别苯下游产品制备技术相关专利的 23%、25%，其次为烷基苯、异丙苯、苯酚。陕西苯下游产品专利主要涉及苯甲醚、苯酚、异丙苯、乙苯、苯胺等。结合表 4-17，从专利技术分支占比的角度来看，芳烃下游产品中，苯下游产品种类相对最多，北京、江苏、上海企业和院所，各技术分支均有一定研究，其中北京企业与院所都更为侧重苯乙烯、异丙苯制备技术的研究，陕西院所相关专利技术分支主要分布在苯甲醚制备技术上，企业技术分布涉及异丙苯、苯酚、苯胺等多种产品制备技术。相比其他省份，陕西院所研究产出相对较少，并且在苯乙烯等产品中存在专利布局空白点。

表 4-17 中游工艺技术分支各省份企业-院所专利布局

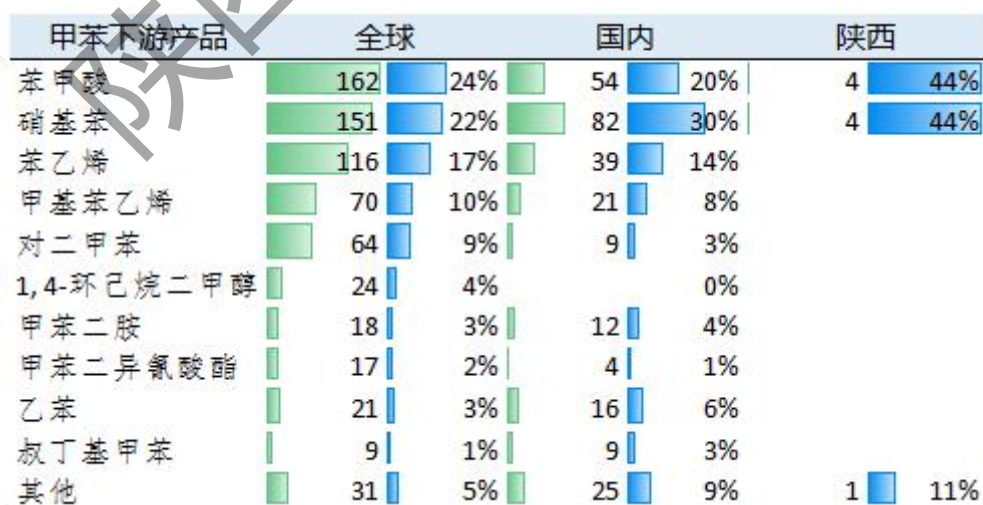
工艺	北京		上海		江苏		陕西		山西	
	企业	院所	企业	院所	企业	院所	企业	院所	企业	院所
苯/甲苯甲醇烷基化	19.8%	15.0%	52.9%	50.0%	16.7%	71.4%	71.4%		66.7%	
甲苯甲醇甲基化	12.4%		11.8%	7.1%	33.3%	7.1%	7.1%			
甲醇芳构化	20.2%	20.0%		7.1%	16.7%					
流化床甲醇制芳烃	18.6%	25.0%								
固定床甲醇制芳烃	6.2%			21.4%					22.2%	75.0%
煤制芳烃	9.3%	5.0%	5.9%			14.3%	14.3%		11.1%	
甲苯歧化	10.1%	5.0%	29.4%			7.1%	7.1%			
合成气制芳烃	3.5%	30.0%		14.3%	33.3%					25.0%

表 4-18 苯下游产品制备技术专利区域对比



如表 4-19 所示，陕西在甲苯下游产品方面，同全球以及国内技术相同，主要集中在苯甲酸、硝基苯制备技术的研发，陕西在苯乙烯、甲基苯乙烯产品专利布局上相对薄弱。结合表 4-17，国内甲苯下游专利数量排名靠前的省份中，北京、山东企业在各下游产品中，技术研发以及布局较为全面，陕西在下游专利申请较少。其中，企业与高校在硝基苯制备技术都有一定研究，苯甲酸技术研究主体主要为院所。

表 4-19 甲苯下游产品制备技术专利区域对比



如表 4-20 所示，陕西二甲苯下游产品相关专利申请较少，全球以及国内二

甲苯下游产品以对二甲苯的制备为主，其次为各类聚酯。结合表 4-17，在二甲苯异构化制对二甲苯技术中，北京、江苏、山东、山西，企业与院所都有相应研究与专利产出，浙江、辽宁主要研究主体为企业，山东、上海、陕西专利申请主体主要为院所，同时企业对二甲苯、对苯二甲酸、均四甲苯、1,4-环己烷二甲醇制备技术更为活跃。

表 4-20 二甲苯下游产品制备技术专利区域对比

二甲苯下游产品	全球		国内		陕西	
对二甲苯	1141	75%	177	56%	1	33%
聚酯（PET/PTT/PBT等）	180	12%	41	13%		
对苯二甲酸	54	4%	20	6%		
对苯二甲酸二甲酯（DMT）	17	1%				
邻苯二甲酸酐	37	2%	15	5%		
间苯二甲腈	10	1%	7	2%	1	33%
间苯二甲酸	3	0%	2	1%	1	33%
1,4-环己烷二甲酸二甲酯	11	1%	11	3%		
均四甲苯	21	1%	19	6%		
间二甲苯	4	0%	1	0%		
其他	45	3%	22	7%		

表 4-21 芳烃下游专利技术分支企业-院所对比

苯下游产品	北京		江苏		辽宁		山东		上海		浙江		河南		陕西		山西	
	院所	企业	院所	企业	院所	企业	院所	企业	院所	企业	院所	企业	院所	企业	院所	企业	院所	企业
苯乙烯	35.8%	21.6%	20.0%	28.7%	62.5%	21.2%	15.6%	8.3%	16.7%	9.4%	25.0%	48.5%	12.5%					42.9%
异丙苯	30.0%	21.6%	14.5%	8.9%	3.8%	27.3%			33.3%	12.5%		3.0%		15.4%				7.1%
苯乙烯聚合物	1.2%	16.2%	5.5%	4.4%	11.5%	25.0%	25.0%		11.1%	21.9%	25.0%	9.1%			11.1%			7.1%
苯酚	2.7%	8.1%	9.1%	17.8%	7.7%	13.6%	16.7%			9.4%		9.1%		15.4%		11.1%		
环己烷	3.1%	8.1%	9.1%	2.2%	12.5%	3.8%	2.3%	33.3%		9.4%		12.1%	44.4%	4.2%	7.7%		100.0%	
乙苯	8.1%		1.8%		12.5%	13.5%			11.1%				11.1%		15.4%			
烷基苯	8.8%	2.7%	9.1%	2.2%	3.8%													
氯苯		5.4%	7.3%	6.7%	5.8%	2.3%			5.6%	6.3%		9.1%						7.1%
苯甲醚		2.7%	1.8%	2.2%	11.5%				5.6%		25.0%	3.0%			15.4%	55.6%		7.1%
苯胺		5.4%	1.8%	6.7%	3.8%	2.3%	8.3%		3.1%						15.4%	11.1%		21.4%
环己烯	1.5%		1.8%		3.8%	2.3%			5.6%	15.6%				4.2%				
破酸二苯酯	2.7%		1.8%		1.9%				6.3%						7.7%			
环己酮		2.7%			8.9%													7.1%
环己烯醇																		
对苯二酚	1.9%	2.7%		2.2%					3.1%									
乙二醇	1.2%		1.8%						3.1%									
环氧苯乙烷	1.9%		1.8%		1.9%													
聚碳酸酯己烯醇																		
环己基苯			5.5%															
甲酚	0.4%											25.0%						
环己醇	0.4%	2.7%			3.8%	2.3%		8.3%										
环己胺					12.5%	1.9%	6.8%						22.2%					
烷基酚	0.4%								5.6%									
二氯苯			7.3%						5.6%									
双酚			4.4%						5.6%									
氯化苯			4.4%															
聚酯													11.1%					

芳烃	下游产品	北京		江苏		浙江		辽宁		山东		上海		山西		陕西		
		企业	院所	企业	院所	企业	院所	企业	院所	企业	院所	企业	院所	企业	院所	企业	院所	
甲苯	硝基苯	2.9%	60.0%	69.2%	38.9%	57.1%	58.8%	5.9%	5.9%	10.0%	62.5%	80.0%	75.0%	25.0%	75.0%	20.0%	80.0%	
	苯甲醚	14.7%	20.0%	15.4%	22.2%		35.0%	11.1%	23.5%		12.5%		25.0%					
	二甲苯	32.4%			22.2%	28.6%												
	苯乙烯/乙苯	31.0%	6.7%		5.6%			35.0%		10.0%	12.5%					25.0%		
	甲基苯乙烯	11.8%	6.7%			14.3%		5.9%										
	甲苯二胺						5.9%			30.0%					100.0%	50.0%		
	叔丁基甲苯		6.7%		5.6%			5.9%		10.0%	12.5%							
	对二甲苯	2.9%								20.0%								
	甲基乙苯							11.8%								25.0%		
	烷基苯	1.5%						5.9%										
	其他	3.0%			5.6%					20.0%								
	叔丁基苯甲酸			7.7%														
甲基环己烷								5.9%										
二甲苯	对二甲苯	52.7%	33.3%	20.0%	60.0%	80.0%		66.7%	40.0%	25.0%		100.0%	100.0%	40.0%			100.0%	
	对苯二甲酸	14.3%		20.0%				16.7%										
	均四甲苯	6.6%		13.3%				33.3%	16.7%	25.0%				60.0%				
	1,4-环己烷二甲醇	6.6%	8.3%	6.7%				20.0%		20.0%								
	1,4-环己烷二甲酸二甲酯	2.2%	16.7%	6.7%			25.0%		33.3%				50.0%					
	聚酯(PET、PBT)	6.6%	41.7%	20.0%	20.0%	20.0%				25.0%	50.0%							
	间苯二甲胺							33.3%										
	邻苯二甲酸酐	2.2%					75.0%			40.0%								
	苯酐	5.5%																
	间苯二甲酸	2.2%																
	间二甲苯	1.1%																

### 4.2.3 陕西煤制芳烃深加工产业专利链定位

#### 4.2.3.1 专利申请态势

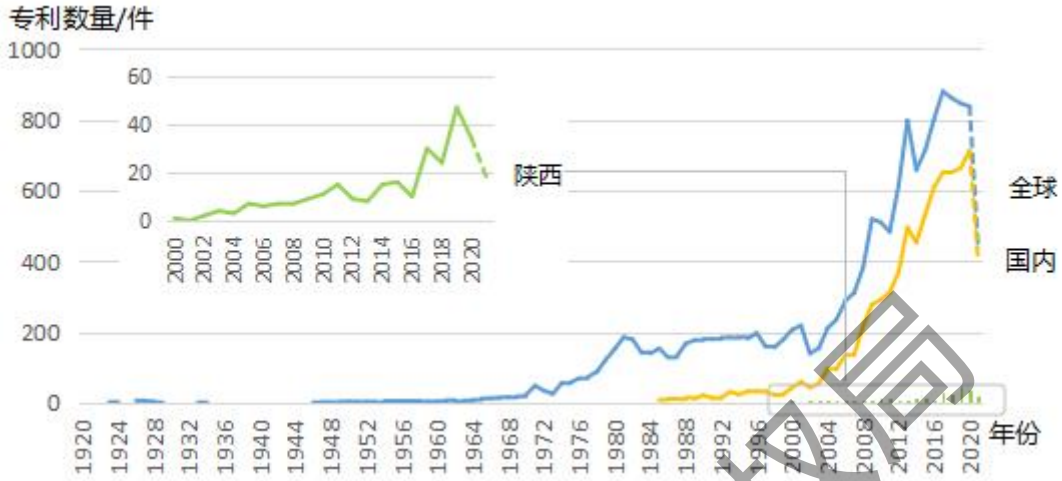


图 4-91 煤制芳烃上游专利申请趋势对比

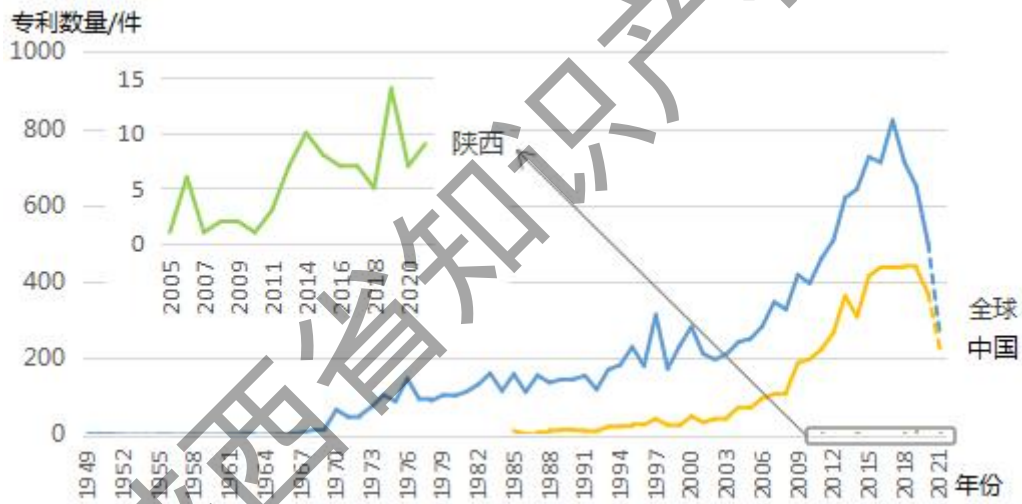


图 4-92 煤制芳烃中游专利申请趋势对比

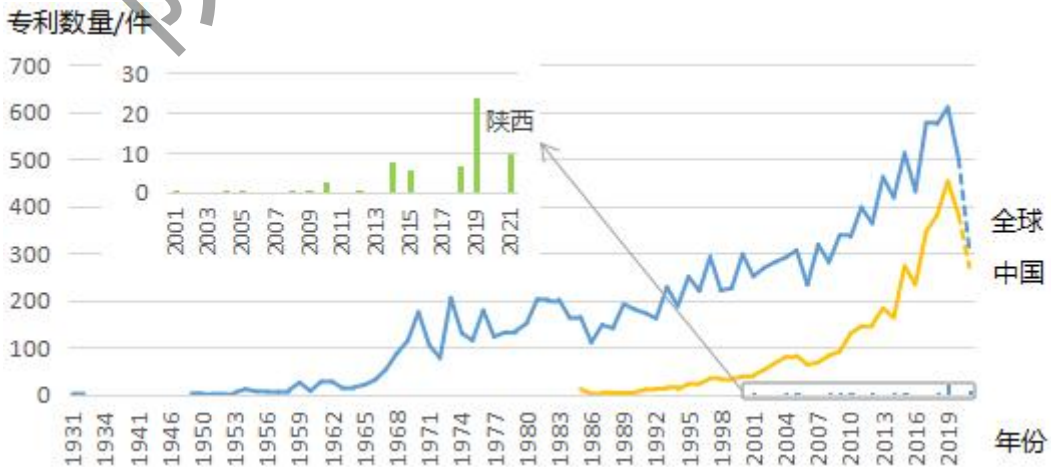


图 4-93 煤制芳烃下游专利申请趋势对比

全球上中游技术专利申请分别开始于 1920、1949 年，技术发展主要自 1970 年之后，下游技术专利申请开始于 1931 年，主要自 1965 年技术开始发展，国内上中下游专利申请开始于 1985 年，2005 前后技术得到发展，陕西煤制芳烃深加工产业链专利申请开始于 2000 年，相比全球以及国内技术发展较晚，陕西上游自 2016 年专利有所增加，中游以及下游专利数量相对较少，相比全球以及国内技术，陕西中下游技术较为薄弱。

#### 4.2.3.2 产业专利数量及质量

表 4-22 煤制芳烃各省市专利引证对比

省市	申请量	授权量	授权率	被引次数	平均被引次数
北京	3084	2073	67.22%	9701	3.15
江苏	1534	909	59.26%	3030	1.98
山东	905	601	66.41%	1633	1.80
浙江	777	515	66.28%	1634	2.10
上海	678	391	57.67%	2440	3.60
辽宁	636	405	63.68%	2151	3.38
山西	520	366	70.38%	1391	2.68
四川	505	362	71.68%	990	1.96
河南	433	302	69.75%	681	1.57
陕西	412	270	65.53%	853	2.07

陕西专利申请量在全国排名第十，如表 4-15 所示，陕西专利授权率在十个省市中，处于中游位置。从专利被引用频次来看，陕西 412 件专利中，有 170 件专利总计被引证 853 次，最高被引证 26 次，平均被引次数位于十个省市排名中的第 6 位，专利平均质量处于中等水平，但缺乏核心专利，技术影响力一般。

#### 4.2.4 陕西煤制芳烃深加工产业链企业链定位

陕西煤制芳烃深加工产业链企业链定位——企业技术优势不突出，并且下游技术薄弱，专利影响力和企业间协同创新能力有待增强。

表 4-23 重要申请人技术分支

陕西重要申请人	专利数量	涉及产业链环节	技术分支
陕西延长石油(集团)有限责任公司	40	上游、中游	流化床反应器、甲醇合成、煤液化制芳烃、合成气与苯制芳烃/乙苯
西安交通大学	31	上游	流化床反应器、移动床反应器



陕西重要申请人	专利数量	涉及产业链环节	技术分支
西北大学	23	全产业链	甲醇合成、甲醇芳构化、甲醇制对二甲苯
陕西聚能新创煤化工科技有限公司	18	上游	煤气化、甲醇合成
陕西煤化工技术工程中心有限公司	15	全产业链	甲苯甲醇制对二甲苯、粗苯直接烷基化制对二甲苯
陕西黑猫焦化股份有限公司	9	上游	甲醇合成
西安元创化工科技股份有限公司	8	中游、下游	烷基化制备对甲基乙苯催化剂、芳烃异构化催化剂、甲苯歧化催化剂
陕西煤业化工技术研究院有限责任公司	8	上游、中游	荒煤气芳构化合成苯催化剂
华陆工程科技有限责任公司	7	上游	煤热解制合成气/甲醇
陕西华祥能源科技集团有限公司	5	上游	煤气化
中煤陕西榆林能源化工有限公司	4	上游	甲醇合成

在不同环节存在优势的企业和高校、科研院所可以开展合作，优势互补，形成以市场应用为需求导向，开发高端下游产品，培育一批优势企业。

### 4.3 陕西煤制芳烃深加工产业发展路径优化

前文分析了全球煤制芳烃产业发展的基本方向和产业发展趋势以及陕西产业发展现状，明确了陕西煤制芳烃产业升级和转型的目标和定位，在此基础上，从专利导航的角度出发，为陕西煤制芳烃产业发展指出具体的规划路径，下面具体从产业结构优化、企业整合培育优化、创新人才培养优化、技术创新引进方向、协同运营方向五个方面深入分析，给出具体的发展路径选择，为陕西煤制芳烃产业发展规划提供科学的决策参考。

#### 4.3.1 产业结构调整优化路径

产业结构调整的原则为围绕市场需求和技术发展趋势，适当调整陕西煤制芳烃产业各环节的技术构成，优化产业结构配比，基于陕西现有资源优势和技术基础，加强下游芳烃深加工产品的就地转化应用，同时兼顾产业中游优势技术的研发投入，通过技术和产品创新推动陕西煤制芳烃产业延链、强链，实现产业快速发展。

##### 4.3.1.1 产业结构现状

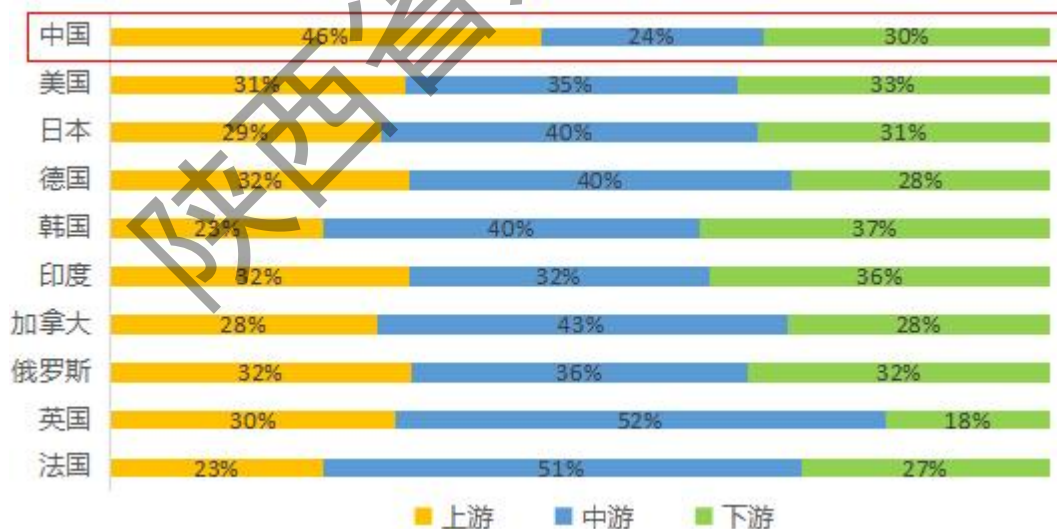


图 4-94 国内外煤制芳烃产业链对比

国内外煤制芳烃在产业链布局中最明显的在上、中游专利数量占比的差异，中国是上游专利占比最多，同时中游占比最少的国家，美国上中下游专利布局较为均衡，日本、德国、韩国、加拿大、尤其是英国和法国，更侧重中游技术研发

以及专利申请。

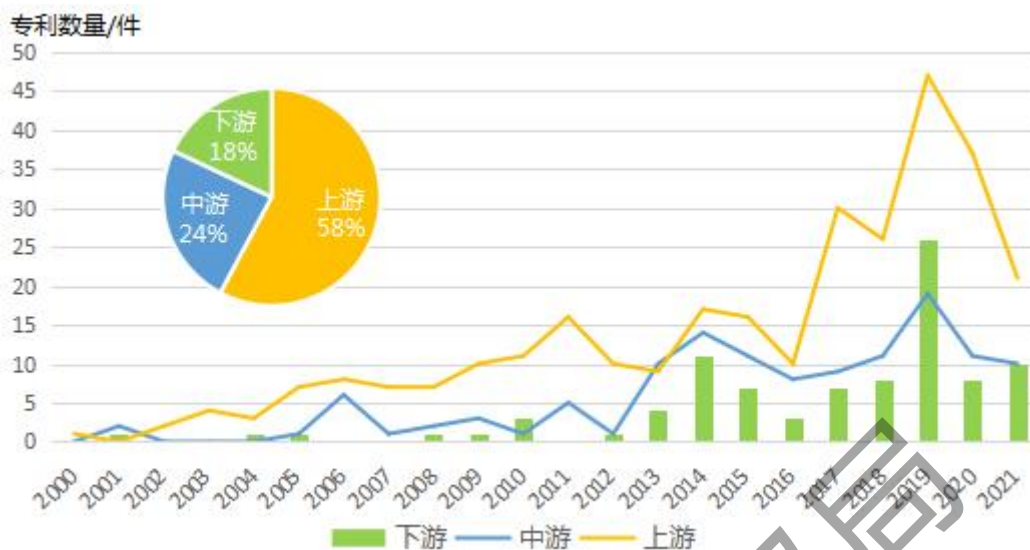


图 4-95 陕西煤制芳烃深加工产业链专利申请趋势

国内煤制芳烃上中下游专利占比分别为 45%、31%、24%，北京、江苏、浙江、上海等地区产业链上下游专利申请较均衡，陕西煤制芳烃上游占比 69%，中下游各占比 20%、11%。陕西省在煤制芳烃深加工产业链布局中，以上游为主，与国内整体产业链布局相近，不同于国外布局模式，陕西在下游专利布局较少，对中游有一定重视程度，但并未拥有核心技术专利权。

从专利申请数量来看，苯下游产品制备技术中，苯乙烯、烷基苯以及异丙苯专利数量均占芳烃下游产品制备方法相关专利总量的 10%以上，其次为苯酚、环己烷、乙苯以及氯苯的专利申请；甲苯下游产品相关专利中，主要为硝基苯、苯甲酸、苯乙烯、甲基苯乙烯以及对二甲苯等产品；二甲苯下游产品专利主要为对二甲苯的制备，占下游芳烃产品的 19%。

同国内整体专利技术分支占比相比，陕西在气化装置及工艺方面专利产出更多，反应器占比较少，催化剂载体类型，同国内相同，都是以分子筛催化剂为主。与其他省份相比，陕西在煤制烯烃（芳烃）技术研发主体主要为企业，高校、科研院所技术研发以及专利产出相对较少。苯下游产品研发中，不同于国内以苯乙烯制备为主，陕西主要为苯甲醚的研究，陕西甲苯下游产品研究方向同国内相同，以苯甲酸、硝基苯为主，陕西二甲苯下游产品相关专利申请较少。

#### 4.3.1.2 产业结构调整方向

(1) 优化产业结构比例，加大产业链下游的研发投入与资金政策扶持。

从陕西省产业专利定位来看，煤制芳烃陕西相关专利 412 件，占国内煤制芳烃产业专利总量的 3%。结合专利质量评价和申请态势，目前陕西煤制芳烃产业专利数量少、专利申请增长慢、缺少核心专利。从产业链各环节技术分布来看，产业链环节较全面，专利布局主要集中在上游煤制甲醇/合成气，陕西煤制芳烃产业专利总量的 69%。

目前陕西省煤制芳烃深加工产业链中，存在上游比例占比偏大，基于上游技术实现工业化成熟现状，在上游的技术布局应有所转移，具体表现在陕西省煤制芳烃深加工产业结构中，上游专利数量占陕西在该领域相关专利总量的 69%、中游占比 20%、下游仅占 11%，全球产业链结构上游 36%、中游 31%、下游 33%，与全球产业结构相比，陕西省的产业结构不合理，下游投入明显不足。

## （2）陕西中下游技术自主研发相对薄弱，但具有良好发展前景。

国内煤制芳烃下游产品相关专利中对二甲苯占比 47.4%，可以看出对二甲苯是芳烃主要下游产品之一，目前，我国对二甲苯和 PTA 的产能分布地区基本一致，不到 10%的产能分布在内陆，大于 90%的产能集中在沿海地区。陕西对二甲苯及其下游 PTA 产能较小，而陕西省陕北等地区煤炭资源丰富，煤制芳烃产业在陕西具有良好发展前景，同时需要注意的是虽然我国对二甲苯长期处于供不应求的状态，对外依存度较高，但随着 2020 年前后石油制芳烃项目建成投产，现有市场供需局面将会发生扭转，我国对二甲苯供应缺口将很快弥补，对二甲苯及其下游产业将会出现供大于求现象，很大程度上影响煤制芳烃产业的经济性。目前煤制芳烃项目装置成本高、投资强度大、固定成本比重大，前期投资和总投资远高于同等规模的石油制芳烃，相对石油路线的竞争力存在风险，特别是在中低油价时代，同时，煤制芳烃与其他煤化工路线相比竞争力更低。

陕西在中游芳烃制备技术中，针对苯与甲醇制芳烃技术、甲苯甲基化以及合成气与苯/甲苯制芳烃等技术路线有一定研发实力，由于这些技术依赖稳定苯/甲苯原料来源，同时目标产品单一，项目风险较大，制约了技术应用。同时西北大学针对甲醇芳构化催化剂具有一定研发基础，并且清华大学循环流化床甲醇制芳烃技术（FMTA）在陕西已有百万吨煤制芳烃项目，以对二甲苯为主要产品目标。可考虑在满足环保要求下，将煤制芳烃项目与煤制乙二醇项目耦合，形成煤制芳烃-PTA（精对苯二甲酸）-PET-纺织的全产业链，生产高附加值下游产品，促进

陕西聚酯行业的发展，承接纺织产业转移。

### 4.3.2 企业整合培育引进路径

#### 4.3.2.1 本地优化

陕西目前拥有多家科研、生产、加工、贸易和流通企业，企事业单位数量众多，同时同质化严重，本地企业的优化以产品链较长的企业优先进行整合和培育，关注特定环节强的企业，充分发挥具有技术优势的企业通过交叉许可、技术合作等方式实现产业链延伸及技术共享。

表 4-24 陕西省重点申请人专利产业链布局

陕西重要申请人	专利数量	涉及产业链环节	技术分支
陕西延长石油(集团)有限责任公司	40	上游、中游	流化床反应器、甲醇合成、煤液化制芳烃、合成气与苯制芳烃/乙苯
西安交通大学	31	上游	流化床反应器、移动床反应器
西北大学	23	全产业链	甲醇合成、甲醇芳构化、甲醇制对二甲苯
陕西聚能新创煤化科技有限公司	18	上游	煤气化、甲醇合成
陕西煤化工技术工程中心有限公司	15	全产业链	甲苯甲醇制对二甲苯、粗苯直接烷基化制对二甲苯
陕西黑猫焦化股份有限公司	9	上游	甲醇合成
西安元创化工科技股份有限公司	8	中游、下游	烷基化制备对甲基乙苯催化剂、芳烃异构化催化剂、甲苯歧化催化剂
陕西煤业化工技术研究院有限责任公司	8	上游、中游	荒煤气芳构化合成苯催化剂
华陆工程科技有限责任公司	7	上游	煤热解制合成气/甲醇
陕西华祥能源科技集团有限公司	5	上游	煤气化
中煤陕西榆林能源化工有限公司	4	上游	甲醇合成

④ 提升具有较全产业链重点企业可科研院所专利布局的合理性。例如陕西煤化工技术工程中心有限公司在全产业链均有布局，陕西延长石油（集团）有限

责任公司在产业链上中游有专利产出，专利申请共 42 件，涉及多个重点技术领域，应加强核心企业的专利技术挖掘，引导开展与应用环节关系更为密切的技术研发和专利布局。



图 4-96 陕西煤业化工煤制芳烃深加工产业链技术构成

⑤ 鼓励不同环节存在优势的企业和科研院所开展合作。如西北大学在甲醇制芳烃、甲醇制对二甲苯联产低碳烯烃催化剂方面具有绝对的技术优势，但目前相关技术均未在陕西进行技术转化，可组织西北大学相关优势技术的转化对接活动，通过专利转让方式给予有相关需求的企业实现技术升级。

⑥ 利用陕西地区特色，如榆林经济技术开发区（榆神工业区）内，神华、兖矿、延长石油、陕煤化等国内知名企业，加强本地企业在产业链各环节产品、技术的互补或合作。

#### 4.3.2.2 企业引进

陕西在煤制芳烃深加工产业上游技术中，流化床反应器、甲醇合成制备工艺、甲醇生产装置相关专利申请与国内主要技术分支占比大致相近，但在气化装置及工艺方面专利数量相比全球及国内占比更多，固定床反应器相关专利相对占比较少。

与全球、国内中游专利相比，陕西在工艺方面，55%的专利为苯/甲苯甲醇烷基化技术，在固定床甲醇制芳烃、流化床甲醇制芳烃、合成气制芳烃等工艺路线中专利布局技术空白点较多；反应器相关专利不同于全球及国内，陕西固定床反应器专利数量多于流化床反应器；催化剂载体类型，同全球及国内相同，都是以分子筛催化剂为主。

陕西针对芳烃下游产品制备技术相关专利较少，其中，苯下游产品专利技术主要包括苯甲醚、苯酚、苯胺等，甲苯专利涉及硝基苯、苯酚，二甲苯下游产品中包含对二甲苯、间苯二甲酸、甲苯二甲腈相关专利各一件。与全球以及国内芳烃下游产品专利占比不同的是，陕西在苯乙烯、甲苯苯乙烯、烷基苯、氯苯等全

球占比最多的产品上，技术研发相对薄弱。

除了培育优化本地企业技术基础和技术就地转化外，加强与国内优势企业可科研院所之间的合作，积极引进在产业链具有优势的企业和科研院所。在中游清华大学与中国华电集团公司、陕西煤化工技术工程中心与中科院大连化学物理研究所已有一定的合作基础。在下游综合考虑扩展技术研发实力与技术方向匹配的研究主体，考虑到陕西技术分支以及产业链技术分布情况，建议引进中国石油化工股份有限公司。

#### 4.3.2.3 企业合作、并购分析

**(1) 形成企业与高校/科研院所的常态化合作，提升本土企业的技术水平和产业化进程。**

与省外高校/科研院所的合作也是企业扩展的主要途径，陕西煤制芳烃已有采用清华大学流化床甲醇制芳烃技术的项目，大连化物所与省内企业针对煤制芳烃技术有一定的合作基础，分析煤制芳烃深加工产业下游扩展省外高校/院所的技术研究方向，给予省内企业合作的方向。

表 4-25 陕西煤制芳烃深加工产业省外主要高校/院所技术布局

一级	二级	大连化物所	山西煤化所	清华大学	上海石油化工研究院
工艺	固定床甲醇制芳烃	3	1		8
	流化床甲醇制芳烃	2		7	44
	合成气制芳烃	23	1	7	3
	甲苯甲醇甲基化	5			22
	苯/甲苯甲醇烷基化	50			22
	甲醇芳构化	20	1	3	30
	甲醇甲苯制PX	11			3
	分离等其他工艺	7		2	41
催化剂	分子筛	82	14	15	111
	分子筛、氧化铝	25	1		28
	氧化铝	7	1		4
	硅胶				3
	活性炭			1	1
	均向	14			
装置	其他载体	24	3		4
	流化床反应器 固定床反应器等	38	67	235	146

**(2) 企业并购计划难以实现，招商引资空间巨大。**

基于陕西省煤制芳烃深加工产业下游相对薄弱的现状，根据全球目前产业主体的实力现状，可以有针对性的引进具有发展潜力的企业，提升陕西煤制芳烃深加工产业下游的整体水平。从下游全球主要创新主体排名来看，核心企业以跨国龙头化工企业为主，由于该类型企业具有极强的综合实力，引进可行性较低，因此在给地方政府做企业引进建议时，重点考虑以国内企业为招商引资对象。综合考虑下游技术延展和陕西目前技术基础的技术互补性，中国石油化工股份有限公司为优先考虑的招商引资企业。

### 4.3.3 创新人才培养路径

对陕西省煤制芳烃深加工产业的重点发明人进行分析，发现存在以下问题：

#### （1）重点发明人少，发明人专利数量少。

重点分析 3 家核心申请人排名第一的发明人，并将这些发明人与全国、全球重点申请人的重要发明人进行比对，如表 4-26，与国内前三、全球前三相比，重点发明人在专利数量上差距悬殊。

表 4-26 重要发明人对比

	申请人	主要发明人	专利数量
陕西 前三	陕西延长石油（集团）有限责任公司	杨东元	5
	西北大学	代成义	8
	陕西煤化工技术工程中心有限公司	张世刚	9
国内 前三	中国石油化工股份有限公司上海石油化工研究院	孔德金	124
	中国科学院大连化学物理研究所	刘中民	81
	清华大学	魏飞	49
全球 前三	中国石油化工股份有限公司上海石油化工研究院	孔德金	124
	中国科学院大连化学物理研究所	刘中民	81
	埃克森美孚	CHU CHIN CHIUN	79

（2）以重点申请人技术领域和技术实力的综合考虑，能力较强的重点发明人较为欠缺。

表 4-27 重要发明人中游技术手段对比



归属企业	重要发明人	烯烃				芳烃				
		ZSM-n沸石分子筛	复合结构分子筛	回收净化	SAPO-n磷酸硅铝分子筛	煤气化/制甲醇	芳烃烷基化	甲醇制对二甲苯	甲醇芳构化	合成气制芳烃
西北大学	代成义	7	2				2	3		
	陈汇勇	3		2	4			3	1	
	马晓迅	10	2	2	4			3	1	
陕西煤化工技术工程中心	张军民	3			8		10			
	刘建斌					10				
	张世刚	3			8					
	陈亚妮	2			8		5			
陕西延长石油	李大鹏					7				
	李晓宏					10				
	杨东元									4

陕西省的重点申请人在技术手段的覆盖能力上较弱，具有综合研发能力的发明人比较欠缺。从本地培养角度来看，陕西省本地的一些高校和科研院所如西北大学、西安交通大学等拥有较多的科研人才；在人才引进中还可以优惠的人才引进政策，吸引外部创新型人才，充分挖掘现有高校、科研院所和重点企业的核心发明人，通过引进、合作的方式丰富陕西省煤制芳烃产业的人才梯队，逐步形成高水平的研发团队，充实陕西省煤制芳烃产业高质量发展的人才支撑。

#### 4.3.3.1 人才引进建议

表 4-28 国内煤制芳烃核心发明人技术研究方向及归属

申请人	发明人	专利数量	专利技术分支	擅长领域	创新人才标签
上海石油化工研究院	孔德金	124	甲苯甲醇烷基化、甲苯甲醇甲基化、甲苯歧化、ZSM 分子筛；产品：对二甲苯	分子筛催化材料的合成/工业催化	中国石化科技创新功勋奖、第八届侯德榜化工科技成就奖及国务院政府特殊津贴专家
	缪长喜	124	产品：苯乙烯、乙苯	石油化工绿色催化、高端化学品合成及新能源材料研发和转化应用	上海市科技进步一等奖、上海市发明专利三等奖、中国石化创新创业大赛一等奖
	宋磊	87	产品：苯乙烯	石油资源高效利用及其副产转化技术	
	汪哲	49	工艺/催化剂：甲醇芳构化、SAPO-34/ZSM-5	高效煤基碳一催化转化技术	

申请人	发明人	专利数量	专利技术分支	擅长领域	创新人才标签
	明		复合分子筛 产品：异丙苯		
	陈希强	48	甲醇芳构化、 APO-34/ZSM-5 复合分子筛		
	李晓红	47	流化床甲醇制芳烃、甲醇芳构化 产品：乙苯	甲醇芳构化工艺	中国石化科技创新功勋奖
	肖忠斌	8	产品：对苯二甲酸、苯甲酸	粗对苯二甲酸加氢精制催化剂	
大连化物所	许磊	59	甲苯甲醇烷基化、甲苯甲醇甲基化、甲醇芳构化；产品：苯乙烯	甲醇及其衍生物转化反应、甲醇或/和芳烃制备对二甲苯新技术、分子筛类新材料的合成与应用	中国科学院杰出科技成就奖、中国化工协会科技进步二等奖
	刘中民	81	甲苯甲醇烷基化、甲苯甲醇甲基化、甲醇芳构化、ZSM 分子筛；产品：苯甲醚、苯乙烯	新催化反应、催化材料和催化表征技术研究	何梁何利基金科学与技术创新奖、全国创新争先奖、国家科学技术进步一等奖
山西煤化所	樊卫斌	8	ZSM-5 分子筛	烃醇选择氧化、甲醇定向转化、生物质催化转化和甲烷催化氧化研究	山西省自然科学一等奖、二等奖和三等奖各 1 项，山西省科技进步二等奖 2 项、三等奖 1 项。 中国科学院引进杰出人才、太原市劳动模范、山西省直机关五一劳动奖章、入选科技部人才计划、国家特支计划、山西省“三晋英才”支持计划 高端领军人才、山西省学术技术带头人、国务院政府特殊津贴
	董梅	10	ZSM-5 分子筛	多相催化：应用于催化领域的分子筛类多孔材料的实验和理论研究	中国科学院卢嘉锡青年人才奖、第四届全国同步辐射学术会议“青，一等奖、山西省自然科学二等奖、山西省自然科学二等奖

申请人	发明人	专利数量	专利技术分支	擅长领域	创新人才标签
	吴志伟	4	ZSM-5 分子筛	甲醇定向转化研究；含氧煤层气催化燃烧脱氧；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；	山西省自然科学二等奖
清华大学	蹇伟中	47	合成气制芳烃、流化床甲醇制芳烃、ZSM-5 分子筛；产品：对二甲苯	碳纳米材料与多相流反应器、甲醇制芳烃催化剂与流化床技术	侯德榜化工科技创新奖，全国优秀博士学位论文奖、国家科技进步二等奖
	魏飞	49	工艺/催化剂：合成气制芳烃、流化床甲醇制芳烃、ZSM-5 分子筛；产品：对二甲苯	多相流和多相流反应堆	国家杰出青年科学奖、国家科技进步二等奖、教育部自然科学一等奖、中国石化集团公司科技进步一等奖
同济大学	朱志荣	43	甲苯甲醇烷基化、甲苯歧化、ZSM-5 分子筛；产品：对二甲苯	高选择性合成有机化合物的多孔分子筛择形催化；酯化、水解、醚化、烷基化和水解等反应的新型固体酸/碱的绿色催化；具有特殊结构与功能表面的催化剂载体的制备技术；	中国石化技术发明一等奖、国家技术发明二等奖、中国石化优秀青年知识分子

陕西煤制芳烃可考虑以中下游人才引进为主，由于陕西在中游合成气制芳烃、甲醇芳构化方面技术研究较为薄弱，同时，国内煤制芳烃下游产品中，对二甲苯制备占比 47.4%，可以看出是煤制芳烃主要下游产品之一，因此人才引进以甲醇芳构化、合成气制芳烃、对二甲苯制备技术方向研究人才为主。中石化集团公司高级专家缪长喜、首席专家孔德金、发明人李晓红等研究团队，大连化物所刘忠民，山西煤化所吴志伟、董梅、樊卫斌等研究团队，清华大学蹇伟中教授等研究人员可作为潜在人才引进，以下为各研究团队主要研发方向。

针对甲醇芳构化催化剂，山西煤化所研发团队吴志伟、董梅、樊卫斌等发明人 2020 年在专利 CN112517055A 中提出耦合芳构化催化剂，载体为分子筛和氧化铝的混合物，活性组分包括 Pt、Ir、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 和 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>。提高了催化剂的活性以及对原料种类的适配性，使催化剂能够适用于种类和组分复杂的低碳烷烃，在实现甲

醇（或二甲醚）完全转化的同时，大幅提高芳烃收率，同时还能提高低碳烷烃转化率，降低低碳烷烃转化温度。2021年12月31日，该团队在专利 CN113856745A 提出一种抗 Zn 流失芳构化复合催化剂及其制备方法和应用，将  $ZnGa_2O_4$  与 HZSM-5 构成芳构化复合催化剂，增强脱氢能力，抑制 H 转移路径，有利于脱氢形成芳烃，提高了芳烃的选择性，增强了催化剂的稳定性和寿命。

针对甲醇芳构化装置，2020年中石化上海石油化工研究院研发团队李晓红等人在专利 CN113926395A 中提出甲醇催化转化制芳烃的反应装置及方法，通过甲醇在快床反应区内高选择性地转化为富含烯烃的轻烃和部分芳烃，富含烯烃的轻烃再继续再在湍动床反应区内进行芳构化反应，这种反应装置可以用于芳烃工业生产中。该团队孔德金等发明人，2019年在专利 CN112661589A 中提出甲苯甲醇甲基化制对二甲苯的方法，相比于传统芳烃联合装置生产对二甲苯技术，这种方法过程简单、投资少，且反应过程中不产苯，是煤化工与石油化工结合的新型对二甲苯生产工艺技术。

中科院大连化物所刘中民等发明人自2004年在专利技术中提出制备对二甲苯联产烯烃的方法，并且2017年前后在合成气制芳烃、甲苯甲醇制芳烃、流化床甲醇制芳烃、苯与甲醇烷基化等多种制对二甲苯联产烯烃工艺方法以及装置技术有较全面的专利布局。

清华大学蹇伟中等发明人在流化床反应器、合成气制芳烃以及甲醇芳构化工艺、催化剂方面专利申请较多，2019年在专利 CN110002932A、CN110624483A 中提出合成气制备芳烃的方法及装置以及合成气一步法制芳烃的多级流化床反应器及反应循环系统。该技术原料转化率高，芳烃收率高，出口气体烯烃含量低，易分离，成本低，易放大的特性，并且提供了实现该制备方法的装置。

发明人朱志荣1984年8月~1987年8月在浙江菱化集团公司从事无机/有机化工生产技术工作，1990年3月~2006年7月，在上海石油化工研究院从事催化、分析、有机合成研究，2006年8月~2007年9月，美国 Rohm and Haas 中国研发中心催化与分离技术经理，2007年10月至今任职于同济大学化学系研究员。2004、2006年，该发明人相关专利技术主要集中在甲苯歧化制对二甲苯催化剂及制备技术，2005年主要专利产出集中在甲苯甲醇甲基化、甲苯甲醇烷基化制对二甲苯催化剂，2010年自该发明人任职于同济大学后，开始研究甲苯和丙烯



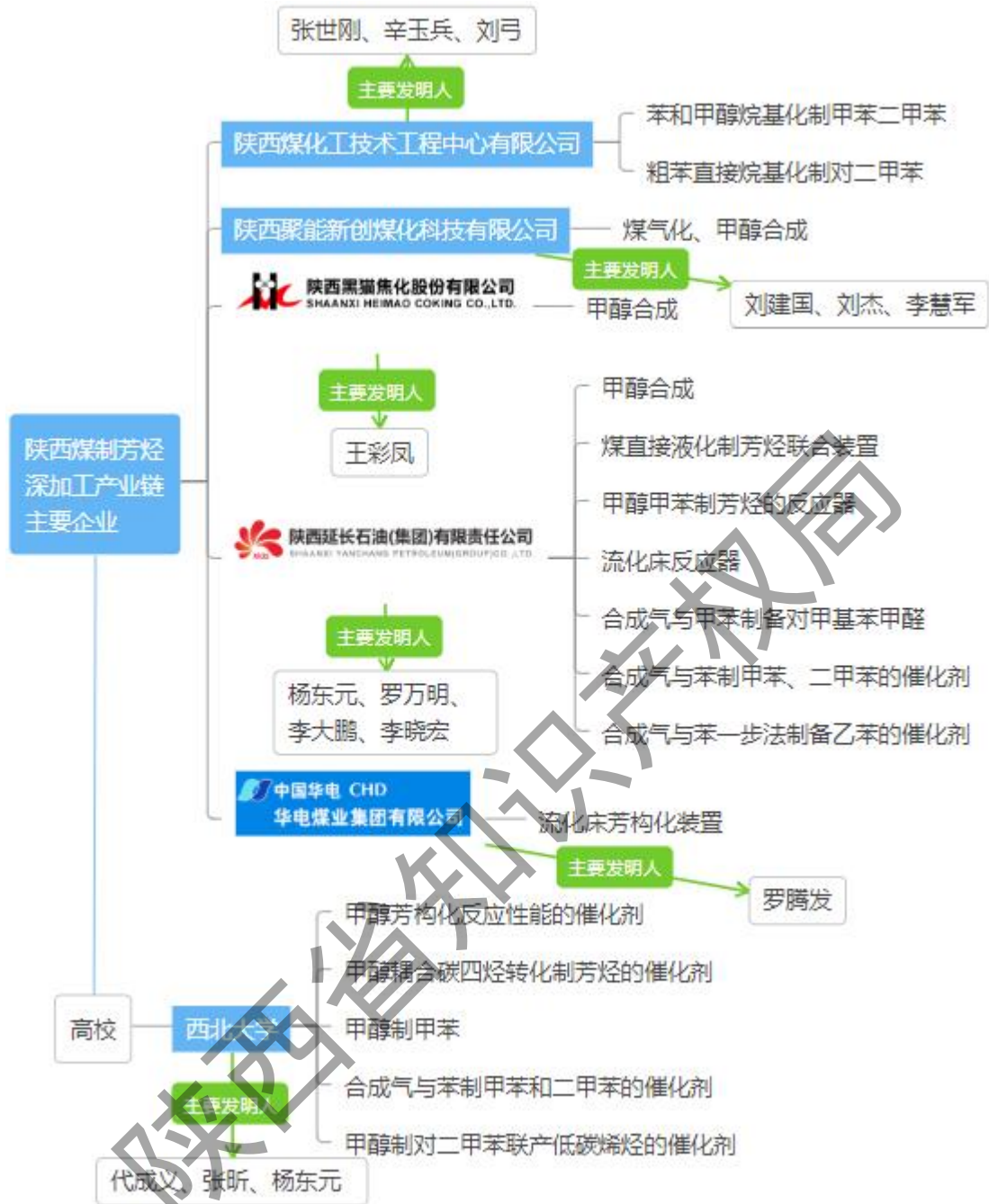


图 4-98 陕西煤制芳烃深加工产业链主要企业及发明人技术概况

基于陕西产业结构现状，在本地人才培养中，应着重关注中下游人才培养，陕西在下游主要研究人员包括企业以及高校发明人，其中陕西煤化工技术工程中心有限公司法人代表刘弓 2017 年前后针对苯和甲醇制对二甲苯技术申请了 3 件专利；西北大学代成义教授 2019 年在专利 CN201910784591.9 中提出一种能够提高对二甲苯在二甲苯中的选择性的催化剂及其制备方法；发明人杨东元（延长石油）2020 年在专利 CN202010354987.2 中公开一种合成气与苯一步法制备乙苯的催化剂及方法（以多金属双功能催化剂为主催化剂，以 H-ZMS-5 型分子筛或

H-ZMS-11 分子筛为载体)；以及西安凯立新材料股份有限公司董事万克柔在负载催化剂方面的研究。

#### 4.3.4 技术创新引进提升路径-技术创新方向

陕西煤制芳烃研究方向主要在上游工艺、装置、中游催化剂、装置方面，延长石油投资的陕西华电榆横煤化工有限公司万吨级甲醇制芳烃工业试验项目、陕西宝氮化工集团有限公司 10 万吨/年甲醇制芳烃 (MTA) 项目分别采用循环流化床甲醇制芳烃 (FMTA) 技术以及固定床绝热反应器一步法甲醇转化制芳烃专利技术。

陕西在流化床反应器、甲醇合成工艺方面拥有多件专利，在苯与甲醇制芳烃工艺技术领域也具有一定研发实力，在合成气制甲醇以及甲苯甲基化等技术路线仍有一定的研发空间。甲苯甲醇甲基化制 PX 技术，国内外主要研究机构有 Mobil 公司、GTC 公司、中石化上海石油化工研究院、大连化物所、大连理工大学等，该技术需要消耗甲苯，必须拥有稳定的甲苯来源，很难单独建厂，需要依赖现有的炼油厂供给甲苯，同时该技术目标产品单一，项目风险较大，制约了技术规模化应用。

陕西在煤制芳烃技术中，针对苯与甲醇制芳烃技术、甲苯甲基化以及合成气与苯/甲苯制芳烃等技术路线具有一定研发实力，由于这些技术需要消耗苯/甲苯，依赖稳定原料来源，同时目标产品单一，项目风险较大，制约了技术规模化应用。陕西高校西北大学针对甲醇芳构化催化剂具有一定研发基础，该技术国内外主要研究机构有 Mobil 公司、清华大学、中科院山西煤化所等，清华大学循环流化床甲醇制芳烃技术 (FMTA) 在陕西已有百万吨煤制芳烃项目，以对二甲苯为主要产品目标。陕西煤化工技术工程中心在甲醇烷基化制芳烃或对二甲苯方面相应专利产出，并且与中科院大连化学物理研究所有一定的合作基础。可考虑将煤制芳烃项目与煤制乙二醇项目耦合，或者补充大连化物所制芳烃 (对二甲苯) 联产烯烃工艺路线，形成煤制芳烃 (对二甲苯) -PTA (精对苯二甲酸) -PET-纺织的全产业链，通过强链、补链、延链，生产高附加值下游产品，提高煤制芳烃产业竞争力，同时促进陕西聚酯行业的发展。

### 4.3.5 专利布局协同运用路径

#### 4.3.5.1 专利区域布局情况

陕西省的专利布局非常集中，以中国市场为主。陕西煤制芳烃深加工产业专利总量 412 件，其中专利均为国内申请，暂无 PCT 海外专利布局。陕西煤制芳烃专利申请主要呈现以下几个特征：

一是陕西在煤制芳烃深加工产业的专利总量少。煤制芳烃产业专利总量为 412，是全国总量的 2.8%，与北京等省份相比，专利申请量较少。

二是陕西省煤制芳烃深加工产业起步晚，企业数量少，专利申请增速缓慢，少数企业具有一定的技术实力。陕西在煤制芳烃深加工产业，尤其是中下游专利竞争力较弱，产业化市场能力不足，产业化进程滞后。

三是陕西省煤制芳烃深加工产业平均被引次数处于第 6 位，专利平均质量处于中等水平。陕西已有百万吨煤制芳烃项目，该项目采用清华大学流化床制芳烃技术，陕西煤化工中心以及西北大学等在煤制芳烃工艺及催化剂方面具有一定的技术优势。

#### 4.3.5.2 陕西合作和专利联盟政策建议

目前，陕西省内的企业间煤制烯烃深加工产业协同合作已有雏形，但数量较少，产业联盟尚未建立，结合产业优化发展现状，重点从两个方向进行专利布局与协同运用：

##### （1）建立产业联盟

目前陕西省煤制烯烃深加工上游企业主要主体 5 位，高校/科研院所 3 位，中游企业主体 3 位，高校/科研院所 2 位，从各主体的技术领域来看，企业和高校/科研院所技术互补空间大，寻求技术合作的可能性很强，企业和企业间建立企业联盟的可行性高，建立企业加强企业与企业，企业与高校/科研院所的合作，尝试建立产业专利联盟，实现联盟内专利池，扩大专利申请的覆盖面。以新兴能源科技有限公司为例，其掌握煤制烯烃 DMT0 工艺，可以与西北大学形成技术合作，借助西北大学在煤制烯烃催化剂的技术优势，进一步加强企业在煤制烯烃的专利覆盖面，提升整体竞争力。



表 4-29 陕西煤制芳烃深加工产业主要参与主体

产业链	企业	高校/研究院所
上游	陕西延长石油、陕西聚能新创煤化科技、陕西黑猫焦化股份有限公司、陕西长青能源化工有限公司、中煤陕西榆林能源化工、陕西煤化工技术工程中心有限公司	西北大学、西北化工研究院、西安交通大学
中游	陕西煤化工技术工程中心有限公司、陕西延长石油(集团)有限责任公司、陕西煤业化工技术研究院有限责任公司	西北大学、西安交通大学
下游	西安元创化工科技股份有限公司、西安凯立新材料股份有限公司、陕西煤化工技术工程中心有限公司	西北大学、榆林学院

## (2) 提升专利运营多样性

陕西煤制芳烃深加工产业专利共 412 件，其中 30 件专利有发生转让，上游 1 件专利许可，专利运营活动较为活跃，但专利运营方式还有进一步扩展的空间。当前发展较成熟的专利运营方式有专利许可、专利转让、专利融资质押和专利信托等，建议可以依托西安市高校、院所资源和专利的服务型组织，培育专利的产业专利服务链，提升对专利权衍生价值的挖掘。

煤制芳烃项目工艺路线长、设备庞大、造价高、投资巨大，此外，随着新环保法以及大气污染、水污染、土壤污染等专项行动计划的实施，煤制芳烃行业的污染控制更加严格，企业投入资金有所增加，从而加大了盈利难度，对于中小微企业的发展，加大知识产权质押融资政策倾向，推进专利技术无形资产助力企业发展。

## 参 考 文 献

- [1] 李 敏. 2015 中国甲醇市场分析与前景展望[J]. 中国石油和化工经济分析, 2016( 3) : 67-69.
- Li Min. 2015 analysis and prospect of methanol market in China [J]. Economic Analysis of China Petroleum and Chemical Industry, 2016( 3) : 67-69.
- [2] 韩宝庆. 甲醇制低碳烯烃技术现状及前景分析[J]. 天津化工, 2013, 27( 4) : 10-12.
- Han Baoqing. Analysis of the present situation and prospect of low carbon olefins with methanol[J]. Tianjin Chemical Industry, 2013, 27( 4) : 10-12.
- [3] 李 健, 闫 龙, 李妮娜, 等. 榆林市甲醇产业现状及发展建议[J]. 洁净煤技术, 2015, 21(4) : 46-54.
- Li Jian, Yan Long, Li Ni' na, et al. Status and development suggestions of methanol industry in Yulin[J]. Clean Coal Technology, 2015, 21( 4) : 46-54.
- [4] 李 敏. 2015 中国甲醇市场分析与前景展望[J]. 中国石油和化工经济分析, 2016( 3) : 67-69.
- Li Min. 2015 analysis and prospect of methanol market in China[J]. Economic Analysis of China Petroleum and Chemical Industry, 2016( 3) : 67-69.
- [5] 张 晶, 孙显锋, 乔 婧, 等. 合成气制芳烃研究进展[J]. 洁净煤技术, 2013, 19( 5) : 60-62, 67.
- Zhang Jing, Sun Xianfeng, Qiao Jing, et al. Research on syngas toaromatics[J]. Clean Coal Technology, 2013, 19( 5) : 60-62, 67.
- [6] 孙富伟, 劳国瑞, 卢秀荣, 等. 煤基甲醇芳构化技术的研究及应用进展[J]. 现代化工, 2014, 34( 2) : 27-32.
- Sun Fuwei, Lao Guorui, Lu Xiurong, et al. Research and application on coal based methanol aromatization process[J]. Modern Chemical Industry, 2014, 34( 2) : 27-32.
- [7] Chao P K, Knob K J, Yurchak S. Control of temperature exotherms in the conversion of methanol to gasoline hydrocarbons: US4544781[P]. 1985-10-01.
- [8] Chu C C . Aromatization reactions with zeolites containing phosphorous oxide: US4590321[P]. 1986-05-20.
- [9] 梁龙虎. 甲醇制芳烃技术进展及技术经济分析[R]. 洛阳: 中国石化集团洛阳石油化工工程公司, 2012.
- [10] 邹 琥, 吴 巍, 蒯 雷, 等. 甲醇制芳烃研究进展[J]. 石油学报( 石油加工) , 2013, 29( 3) : 539-544.

Zou Hu, Wu Wei, Xi Lei, et al. Review of methanol to aromatics[J]. Acta Petrolei Sinica(Petroleum Processing Section), 2013, 29( 3) : 539-544.

[11] 魏飞, 蹇伟中, 汤效平, 等. 一种甲醇或二甲醚转化制取芳烃的系统与工艺: CN101823929A[P]. 2010-09-08.

[12] 蹇伟中, 魏飞, 田涛, 等. 二甲醚连续芳构化与催化剂再生的方法及装置: CN101792362A[P]. 2010-02-11.

[13] 王程俊. 甲醇制芳烃技术及经济性浅析[J]. 安徽化工, 2014, 40( 3) : 1-7.

Wang Chengjun. Technical and economic analysis of methanol aromatization process[J]. Anhui Chemical Industry, 2014, 40 ( 3) :1-7.

[14] 李玉阁, 曹祖宾, 赵荣祥, 等. 甲醇下游产品技术进展[J]. 石化技术与应用, 2013, 31( 6) : 526-529

Li Yuge, Cao Zubin, Zhao Rongxiang, et al. Technical progress in methanol downstream products[J]. Petrochemical Technology & Application, 2013, 31( 6) : 526-529.

[15] 连作桦. 甲醇一步法制芳烃(汽油)装置的运行情况 [EB/OL]. (2012-12-10) [2016-06-06]. <http://www.doc88.com/p-3167137871510.html>

[16] 戴厚良. 芳烃生产技术展望[J]. 石油炼制与化工, 2013, 44( 1) : 1-10.

Dai Houliang. Outlook of aromatics production technology[J]. Petroleum Processing and Petrochemicals, 2013, 44( 1) : 1-10.

[17] 网文. 10 万 t/a 固定床一步法甲醇制芳烃运行平稳 [J]. 煤炭加工与综合利用, 2016, (2) :56.

[18] 朱伟平, 李飞, 薛云鹏. 甲醇制芳烃技术研究进展 [J]. 现代化工, 2014, 34 (7), 36-40.

[29] 王程俊. 甲醇制芳烃技术及经济性浅析 [J]. 安徽化工, 2014, 40 (3) :1-3, 7. [5] 徐瑞芳, 张亚秦, 刘弓. 煤制芳烃技术进展及发展建议[J]. 洁净煤技术, 2016, 22 (5) :48-52.

[20] 张阳, 杨伟伟. 大连化物所“甲醇甲苯制对二甲苯联产烯烃流化床工艺”通过成果鉴定[EB/OL]. [http://www.dicp.ac.cn/xwzx/kjdt/201705/t20170519\\_4794346.html](http://www.dicp.ac.cn/xwzx/kjdt/201705/t20170519_4794346.html). 2017-05-19.

[21] 夏新萍, 王瑶, 冯丽梅. 乌石化放大试验苯甲醇烷基化[N]. 中国石油报, 2014-05-06.

[22] 王明华, 毛亚林, 李瑞峰. 现代煤化工技术现状及趋势分析[J]. 煤炭加工与综合利用, 2017 (2) :17-20, 41.

[23] 朱伟平, 李飞, 薛云鹏, 等. 甲醇制芳烃技术研究进展[J]. 现代化工, 2014, 34(4): 36-42.

Zhu Weiping, Li Fei, Xue Yunpeng, et al. Advances in methanol to

aromatics technology[J]. Modern Chemical Industry, 2014, 34(4):36-42.

-42.

陕西省知识产权局