

我国分子筛行业发展趋势分析

作者：席晓晨、鲁向前

狭义上讲，分子筛是结晶态的硅酸盐或硅铝酸盐，它具有由硅氧四面体 SiO_4 和铝氧四面体 AlO_4 通过氧桥键相连而形成分子尺寸大小（通常为 0.3-2.0nm）的孔道和空隙体系，从而具有筛分分子的特性。广义上讲，分子筛是具有规则而均匀孔道结构的多孔化合物或多孔材料。根据分子筛孔径的大小划分，分别有小于 2nm、2-50nm 和大于 50nm 的分子筛，分别称为微孔、介孔和大孔分子筛。从发展过程看，分子筛主要经历了传统沸石、介孔材料和复合分子筛三个阶段。随着研究的深入，人们发现分子筛的骨架硅或铝也可由 Fe、Cr、Ge、Ti、Mn、Co、Zn、Be、Cu 等原子取代，其孔径和孔隙也可达到 2nm 以上。分子筛同时又经历了从低硅到高硅，从无机多孔骨架到金属有机多孔骨架的发展历程。

1、国外分子筛研究开发的简要回顾与展望：分子筛是一种战略新材料

1.1 国外开发进展简要回顾

上世纪50年代（1954年），美国联合碳化学公司（UCC）首次开发出合成沸石分子筛，称为第一代沸石分子筛。

上世纪70年代（1972年），美国Mobil公司的研究人员开发出由Zeolites Socony Mobil缩写命名的ZSM系列高硅铝比沸石分子筛，称为第二代沸石分子筛。

上世纪80年代（1984年），美国联合碳化学公司（UCC）的研究人员将硅元素引入 AlPO_4 分子筛中合成出一系列磷酸硅铝分子筛（SAPO），称为第三代沸石分子筛。

上世纪90年代（1992年），美国Mobil公司的研究人员采用较长链烷烃或芳烃的季铵盐阳离子表面活性剂作为模板剂首次合成出MCM系大孔径分子筛。

据国际分子筛学会（IZA）的统计：1970年微孔化合物的结构类型共有27种，1978年上升为38种，1988年上升至64种，1996年又上升至98种，2003年已达145种¹。截止2005年2月，已达到169种²。由于骨架组成元素的大量扩展（从沸石的

¹ 徐如人、庞文琴等著：《分子筛与多孔材料化学》第1章第1页，科学出版社，2004年3月第一版。

传统组成元素Si与Al扩展到包括大量过渡元素在内的几十种元素可作为微孔骨架的组成元素)；骨架的调变与二次合成方法的进步，使具有上述100多种微孔骨架结构类型的各类微孔化合物不计其数。而以此为题材的各类微孔材料的发展更是日新月异，自1992年介孔材料合成以来，介孔材料得到飞速发展；到目前，有序大孔材料的研究开发已经起步。

1.2 分子筛的广阔应用前景和战略地位

自分子筛问世以来半个多世纪里，分子筛大多应用于三大传统领域的需要：

(1) 吸附材料，用于工业与环境上的分离与净化、干燥领域。

(2) 催化材料，用于石油炼制与加工、石油化工、煤化工与精细化工等领域中大量的工业催化过程的需要。

(3) 离子交换材料，大量应用于洗涤剂工业，矿厂与放射性废料及废液的处理等等。

据Marcilly³在2001年的统计，由于上述三大领域的需要，目前人工合成分子筛全世界的年产量已超过160余万吨，合成分子筛的年总产值据统计已超过20亿美元，而与分子筛有关的催化与吸附等材料其年总产值则早已大大超过分子筛本身的价值。分子筛在上述三大传统领域中的作用尚有很大的发展前景，至今已知结构的分子筛已达100多种，且从组分元素与骨架结构的多样性来看，尚有很大的发展空间，至今为止真正已用于工业规模的仅LTA型、FAU型、MOR型、LTL型、MFI型、BEA型、TON型等十余种⁴。

时至今日，分子筛作为一种新材料在诸多行业和领域表现出战略地位，首先催化剂分子筛在石油、石化行业中发挥着核心关键作用。化学工业中80%以上的过程涉及催化技术，尤其对于炼油与石化工业，催化剂不可或缺，而沸石分子筛是其中重要一员，沸石分子筛已成为国民经济发展的核心技术之一。沸石分子筛具有独特、规整的晶体结构，其中的每一类都有一定尺寸、形状的孔道结构，较大的比表面积，大部分种类的沸石分子筛表面有较强的酸中心，同时晶体内有强

² 徐兆瑜：《略析分子筛的发展和应⽤》，载于《化工技术与开发》第36卷第7期第31页，2007年7月。

³ 徐如人、庞文琴等著：《分子筛与多孔材料化学》第1章第15页，科学出版社，2004年3月第一版。

⁴ 同注3。

大的库仑场和极性作用，这些特性使之成为一类性能优异的固体酸催化剂，具有独特的“择形催化”功能以及强的吸附分离性能。此外，含有可变价元素的分子筛还可用作氧化还原催化剂或双功能催化剂。沸石分子筛的出现，曾为炼油工艺带来革命性的进步。在1950年代以前，用酸性黏土作催化剂，催化活性低，汽油、柴油收率低；1950年代末，用Y分子筛作催化剂，催化活性高，汽油、柴油收率高，效益为每年千亿美元以上，分子筛当时成为西方国家对我国经济制裁的重要内容之一；到了1970年代，用ZSM-5作催化剂，提高了辛烷值，实现了燃料绿色化；到1990年代，随着石油资源在世界范围的日益衰枯和原油中重油成分的逐渐加大，传统的微孔分子筛催化材料由于孔径较小，重油分子不能进入孔道，而有序介孔材料则提供了介孔的孔道结构，例如，利用A1-MCM-41作为加氢裂化或加氢脱硫和脱氮催化材料，显示出比传统微孔晶体更优异的催化性能。目前，催化剂分子筛在石油石化行业中处于战略中心地位，催化反应已经成为一国现代化程度的重要指标之一，在美国、日本，与催化有关的GNP大约占35%，欧洲大约占30%，中国大约占15%，不发达国家不到5%。

分子筛是一种战略新材料，还体现在介孔和大孔分子筛的巨大应用前景，介孔和大孔分子筛在气体分离提纯、生物材料、化学工业、催化、信息通讯、环境、能源、新型组装纳米材料（或作为纳米反应器制备具有特殊光、电、磁等性能的新型纳米材料等）等领域具有种种潜在用途。例如，在生物和医药领域应用于酶科学和技术，如蛋白质的固定和分离、细胞/DNA的分离以用于构建生物微芯片、生物传感器、药物的包埋和控释等方面具有广阔的应用前景；在环境治理和保护领域中用于降解有机废料，用于水质净化和汽车尾气的转化处理等；在先进功能材料领域用于储能材料，如在介孔材料中组装上可以发射激光的某些组分，以制备激光材料；组装光学活性物种，充分利用介孔材料的大表面积优点，制备出比常规光学材料更优异的介孔结构光学材料；利用纳米介孔材料规整的孔道作为“微反应器”和它的载体功能，合成出具有特别优势的异质纳米微粒或量子线复合组装体系，如经过改性的介孔氧化锆材料显示出特殊的室温光致发光现象。这些都可为介孔及其复合材料在光学微器件、微传感器等领域开展应用研究展示出广阔的发展前景。

2、目前分子筛的国际市场状况：技术领先、寡头垄断、产业链完整、全球

布局

2.1 国际主要分子筛厂商概况

企业名称	技术能力	生产、应用领域	发展路径和环境	在中国的布局
美国环球石油产品公司 (UOP)	UOP 在炼油工艺、催化剂和吸附剂的研制与商业化方面有近 100 年的经验，全世界的炼油厂都在使用其成果。在当今使用的 36 项炼油技术中，有 31 项是由 UOP 发明的。全世界有 60% 的汽油和 85% 的可生物降解洗涤剂是采用霍尼韦尔 UOP 技术制成的。UOP 为碳氢化合物加工行业中 6000 多套装置提供超过 70 种工艺技术。无铅汽油、可生物降解的清洁剂都是 UOP 创新技术的结晶。	在美国阿拉巴马州的莫比尔、意大利的雷杰尔、中国的上海、日本的四日以及德国的勒沃库森拥有分子筛制造工厂，分子筛的年生产能力达到七万吨。	1、公司的历史可追溯到 1914 年。 2、1998 年 UOP 收购了拜尔集团位于德国勒沃库森的分子筛工厂，进一步巩固了 UOP 在全球分子筛行业中的领先地位。 1999 年 UOP 又收购了全球第二大氧化铝公司。新 UOP 公司成为全球最大的分子筛和氧化铝产品的供应商。	上海 UOP 在中国分子筛行业处于优势地位。
CECA 特殊化工	开发了一系列具有良好吸收性、选择性和使用寿命长等特性的合成沸石。分子筛的特性与技术使 CECA 成为全球领导者。	石油过滤器； 石油活性炭； 分子筛(合成泡沸石)； 特殊表面活性剂。	法国阿科玛集团的子公司和事业部门 CECA 是特种化学品的全球顶级生产商。	已在京、广、沪、常熟等地建 7 家生产基地。
Zeoch-em	是全球主要的吸附剂生产商。总部在瑞士，在瑞士及美国都设有生产基地。	3A/4A/5A/13X	成立于 1818 年，已经有 34 年的分子筛生产经验。	
Grace	全球特种化学品供应商：格雷斯戴维森是一家年代悠久的老牌企业，开发并生产催化裂化 (FCC) 催化剂及添加剂，帮助石油精炼企业改善产量和产品质量。	催化剂、吸附剂 分子筛等多种 化学品	格雷斯戴维森是格雷斯旗下两个运营部门之一，专业生产催化剂、化学添加剂、工程材料、色谱柱以及硅胶产品。	在京、沪和广、顺德设有技术或生产基地等。
日本东曹公司	是石油化工、无机化工、精细化工、电子材料和医疗诊断等产品的全球供应商。	涉及化工、半导体、制药、保健、食品以及其它行业。	目前在全球有 31 个工厂或分支机构。	在沪、广、京设有公司。
Mobil (美国)	1、研究开发分子筛催化剂上居世界领先地位。1994 年世界合成沸石约 150 种，Mobil 公司的 ZSM 系列约占 60 种。Mobil 于 1973 年、1994 年分别开发成功 ZSM-5 分子筛，MCM-22 双通道分子筛，属于重大突破。	分子筛催化剂	1、成立于 1882 年，是一家集勘探开发、炼油和石化为一体的综合性跨国公司； 2、Exxon 和 Mobil 于 1998 年 12 月 1 日合并成立 Exxon Mobil, Exxon	在天津建立生产润滑油和润滑脂的公司。并经营多

	2、Mobil 公司可提供诸多石油、石化行业催化裂化等工艺技术。		占 70%股份， Mobil 占 30%股份，生产基地在得州 Irving。	地加油站。
--	----------------------------------	--	--	-------

2.2 国际主要分子筛厂商的一般特点

2.21 历史悠久，技术领先。一般有着 50 年或以上的分子筛研发、生产、应用历史。国际分子筛厂商技术领先，整体主导着全球分子筛的技术拓展和进步。例如，UOP 公司的核心业务是科技开发。从 1914 年公司成立至今，经历了三个发展阶段，即创建初期到 50 年代以开发炼油技术为主，50 年代以后逐步转向石油化工技术开发，80 年代开始转向生物工程和精细化工技术开发。技术开发工作包括基础研究、中试、设计和制造，使工艺和产品从初步设想到完全实现工业化生产。UOP 的基础研究工作包括：物理化学与表面科学，催化剂与吸附剂工艺，催化剂与分离工艺，分子筛合成以及化学品合成。截至 1998 年 12 月，UOP 公司在许多国家共获准 10,000 多项专利，已经工业化和已申请领有注册商标的工艺技术有 50 多项，其中石油炼制方面有 13 项，石油化工方面 9 项。UOP 公司约有 1,000 名职工从事研究开发工作，占职工总数的 1/4。

2.22 寡头垄断，兼并重组活跃，全球知名的分子筛制造商不超过 10 家。

2.23 国际分子筛厂商都是化工类的巨无霸企业，分子筛产业链完整而且丰富，包含分子筛催化剂、吸附剂等的研发、制造、应用，而且不只是局限于生产分子筛，而是用户所需要的化学产品综合方案解决商，一条龙地提供分子筛服务。所涉及的分子筛或者产品应用领域极为广泛，最初一般用于石油开采、石油化工，然后向精细化工、特殊化学、生物制药、环保、建筑等行业延伸，分子筛只是企业的一个事业部或子公司、分公司。

2.24 国际分子筛厂商大都进行全球布局，一般将研发中心放在国外总部，把制造中心放在中国或其他国家。而且特别重视中国市场，重视占领中国的高端市场，攫取高额利润；同时，利用中国的制造地位，为其提供基础制造这一环节。

2.25 分子筛的生产重心正向中国转移。低成本优势是中国企业承接分子筛生产转移的必然。中国的人力成本与发达国家相比较低；设备及建造投资成本低；环保成本低。2010 年，中国的加工制造成本仅为美国的 35% - 40%，人力成本指

数仅为发达国家的 1/10 不到⁵。

3、分子筛的国内开发进展和市场状况

3.1 分子筛国内开发过程的简要回顾：分子筛的战略地位日益得到重视

我国是分子筛行业的后来者、追赶者。20 世纪 60 年代初期，我国开始分子筛的研究，上海试剂五厂等开展沸石分子筛的研制开发工作，合成出 A 型、X 型、Y 型沸石分子筛。70 年代初，陆续建立了上海分子筛厂、大连分子筛厂、河南南召环宇分子筛厂等国有企业，主要用于制取吸附剂、脱水脱氧等材料。

上世纪80年代，金陵石化有限公司炼油厂首次工业化生产ZSM-5沸石分子筛。已有南开大学、北京石科院、兰化炼油厂等单位纷纷开展ZSM-5沸石分子筛的开发生产，并将其广泛应用于催化裂解、辛烷值助剂、柴油、润滑油降凝、芳烃烷基化、异构化及精细化工等领域。自上世纪80年代以来，中科院大连化学物理研究所也积极开展沸石分子筛的合成及改性研究工作，开发出二甲醚裂解制低碳烯烃催化剂及甲醇转化制低碳烯烃催化剂，已完成中试放大试验。据称，该研究所采用改性SAPO-34分子筛催化剂可使二甲醚单程转化率大于97%，低碳烯烃选择性达90%。

2012年2月，根据《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》和《国务院关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》的总体部署，工业和信息化部会同发展改革委、科技部、财政部等有关部门和单位编制了《新材料产业“十二五”发展规划》，该规划列举的多个重点产品目录与分子筛密切相关。例如，新材料产业十二五规划重点产品目录编号14“清洁燃油生产用石油裂化催化材料”，编号41“贵金属纳米催化材料”，编号369“纳米环境材料”，编号370“纳米粉体材料”等等。这表明分子筛作为新材料的战略地位日益得到重视。

3.2 目前国内市场状况之一：催化剂与吸附剂分割；催化剂主要由中国石化、中国石油等大型国企主导、生产封闭。

在我国，由于催化剂分子筛对技术水平的要求很高，同时其下游石油和石化

⁵ 中国国际金融有限公司研究部：《中金公司近期化工行业观点交流：煤化工、玻纤制品、输送带、精细化工中间体、农化、日化》第 24 页，由高崢、高兵、方巍整理，2012 年 8 月。

产业高度集中垄断，催化剂分子筛的研发、制造主要集中于中石化、中石油等国有石油石化企业集团，例如，大庆石化总厂分子筛车间、抚顺石化公司催化剂厂、中石化催化剂北京燕山分公司、兰州石化公司催化剂厂等等。催化剂分子筛的生产成为中石化、中石油等国有企业内部的一个车间或工厂，往往自给自足，生产不足或无法生产的催化剂分子筛通过进口予以补充，由于无法获取相关有效信息，这部分催化剂分子筛的产能、产量不详。据专家介绍⁶，目前我国生产的 A、X、Y、M 和 MFI 型等多种沸石分子筛品质优良，炼油和石化工业所需的分子筛催化剂、吸附剂已基本上实现了自给，其中如催化裂解催化剂、甲苯歧化催化剂、二甲苯异构化催化剂、乙烯和一氧化碳吸附剂等还有所创新，并已出口国外。但据业内人士介绍，出于安全、质量等方面考虑，我国石油石化系统的催化剂分子筛进口量仍达 50%左右。

此外，还有极少数民营企业涉足到催化剂分子筛的研发生产，这些民营企业除了与中石化、中石油等国有企业有着千丝万缕的历史渊源以外，还有着较强的技术研发实力，如山东齐鲁华信实业股份有限公司、辽宁海泰科技发展有限公司等。

3.3 目前国内市场状况之二：吸附剂主要由民营和外资企业主导，市场开放、国际化程度高且充分竞争，但普遍规模较小，产品同构性和价格战严重。

20 世纪 80 年代改革开放以后，面对同行业外资企业强大的技术、资金等优势，我国分子筛国有企业走上了合资、分散，乃至解体的道路，出现了民营化、外资化现象。目前，我国吸附剂分子筛却呈现出与催化剂分子筛完全不同的市场格局。我们直接调查了各分子筛企业的网站信息，进行了不完全统计，截至 2013 年 3 月末，我国共有 80 余家吸附剂分子筛生产商，其国有企业几乎完全退出，民营企业数量占比为 90%以上，不到 10%的企业为外资企业。这些企业有如下特点：

3.31 规模普遍偏小

据统计，截至 2013 年 3 月末，我国 80 余家吸附剂生产商的总产能规模 30

⁶ 高滋，何鸣元，戴逸云：《沸石催化与分离技术》前言部分，中国石化出版社，2009 年 7 月第 1 版。

万吨左右，按照 70%的经验达产率测算，年产量 20 万吨，按照每吨 1 万元的行业经验数据测算，年产值 20 亿元，属于较小的细分行业。按照行业经验，生产规模（含原粉）达到 5,000 吨和 1 万吨分别成为我国分子筛行业的重要分水岭，前者可称为中等规模，后者可称为大型企业。在 80 余家吸附剂厂商中，产能规模在 5000 吨以下有 65 家，占比 81.25%；产能规模处于 5000 吨-1 万吨的中型企业有 8 家，占比 10%；产能规模达到 1 万吨(含原粉)的大企业有 7 家，占比 8.75%。所以，吸附剂分子筛行业高度分散，绝大部分企业是小企业，产能达到 1 万吨的企业不到 10%。⁷

3.32 产品结构高度相同，价格战激烈

目前，吸附剂分子筛厂商主要集中生产 3A、4A、5A、10X、13X、氧化铝等，主要用于空气分离、气体净化干燥、中空玻璃干燥、制冷剂、气动刹车、包装行业等。由于产品结构高度相同，在中低端产品上供过于求，民营企业这类分子筛价格上竞争激烈。

3.33 充分竞争，按照交通、资源等因素形成产业集群，高度成本节约

目前，我国吸附剂分子筛主要形成以下产业集群：

产业集群名称	企业数量 and 市场份额	主要特征	附近的科研院所	代表性企业
环渤海圈 (辽宁、北京、山东、天津、河北)	大约 17 家企业，产能规模 9.75 万吨，市场占有率大约 31.75%。	技术力量雄厚、部分企业同时生产吸附剂和催化剂、在部分吸附剂分子筛中居行业领先地位。	吉林大学无机合成与制备化学实验室、中科院大连化学物理研究所、北京大学等	辽宁海泰科技发展有限公司、大连海鑫化工有限公司、北大先锋科技有限公司、山东齐鲁华信实业股份有限公司。
河南	大约 5 家企业，产能规模 3.95 万吨，市场占有率大约为 12.4%。	生产分子筛原粉的企业较多。	洛阳石化研究院、南开大学等。	洛阳建龙微纳新材料股份有限公司、河南南阳环宇分子筛有限公司。

⁷ 上海恒业分子筛股份有限公司内部资料。

长江三角洲(上海、江苏、浙江)	大约 44 家企业, 产能规模 14.70 万吨, 市场占有率大约 46.30%。	上海企业技术力量雄厚、整体实力较强; 江苏企业走 OEM 道路较多; 浙江企业多集中在湖州生产碳分子筛, 规模普遍较小。	复旦大学、上海石油化工研究院、南京炼油厂、浙江大学等。	上海恒业分子筛股份有限公司、上海雪峰分子筛有限公司、江苏三剂实业有限公司、(浙江) 长兴县海华化工有限公司。
江西、安徽、四川	大约 13 家企业, 产能规模 2.35 万吨, 市场占有率大约 7.40%。	江西萍乡的企业多生产分子筛化工填料, 安徽和四川的企业生产较分散, 实力不强。	西南化工设计院等。	萍乡市汇华填料有限公司、安徽省明美矿物化工有限公司。
整体情况	共有企业 80 余家, 总产能规模 30 万吨左右, 按照 70% 的经验达产率测算, 年产量 20 万吨, 年产值 20 亿元, 属于小行业。	中国吸附剂分子筛企业是全球分子筛的制造基地。	整体技术水平处于追赶、紧盯、较少品种已经超越状况。	

4、我国民营分子筛企业所面临的问题及对策建议

4.1 我国民营分子筛企业概况

按照生产规模 4,000 吨以上、辐射能力和代表性强、在产业集群中处于中心地位的标准, 我们选取以下分子筛强势企业, 从产品结构、产能规模、销售范围等多角度进行比较分析。

比较项目/企业名称	辽宁海泰科技发展有限公司	北大先锋科技有限公司	山东齐鲁华信实业股份有限公司	洛阳建龙微纳新材料股份有限公司	上海恒业分子筛股份有限公司	上海雪峰分子筛有限公司	江苏奥石科技有限公司
最显著特点	我国目前最大的催化剂及净化剂出口供应企业之一	独创的分子筛 LiLSX 居于世界领先水平	品种丰富的催化剂民营企业厂商	拥有年产量 2 万吨分子筛原粉的生产规模, 近年来发展很快	吸附剂品种多样, 生产规模 1.5 万吨左右, 客户高端	介入时间悠久, 设备较先进, 影响力较大	我国最大的分子筛 OEM 企业, 年产量达到 2 万吨
产能规模	6,000 吨左右, 成品	4,000 吨左右, 成品	1 万吨左右, 成品	2 万吨原粉, 4,500 吨成品	1.3 万吨左右, 成品	6,000 吨左右, 成品	2 万吨左右 (含原粉)
是否省级高新技术企业	是	是	是	是	是	未知	是
是否销海外	是	是	是	是	是	是	是

4.2 我国民营分子筛企业的一般特点

4.21 在中国分子筛领域，上述民营企业几乎都属于省级高新技术企业，拥有多项专利技术，产品远销海外，规模中等以上，属于我国分子筛强势企业。但与国际分子筛巨头相比，我国民营分子筛强势企业产能规模和产值仍然较小，年收入达到1亿元人民币的企业较少。

4.22 我国民营分子筛企业大都产品结构单一，产品层次不高，一般只生产吸附剂中的3A、4A、5A、13X分子筛，能够生产LiLSX高端吸附剂的企业较少。表明整体上，民营分子筛企业的技术实力、技术层次需要提升。

4.23 我国民营分子筛强势企业的产业链大都比较单一，产业链条短，缺乏直接面向最终用户深度开发、延伸应用分子筛的能力。它们大都单纯从事分子筛的研发、生产、销售，不能直接为最终客户提供化学材料、设备及工程等综合服务，缺乏向下游应用领域的延伸开发能力。

4.3 我国民营分子筛企业未来发展方向建议

4.31 加大分子筛研究开发的力量投入，塑造民族品牌。作为技术导向性行业，没有一流的技术，就没有一流的企业。分子筛企业需要加强与科研院校、化工研究所等机构的“产学研”联系，走出一条从基础研究到工业放大的有效转化之路。拥有了自主技术、民族品牌，市场竞争力就会大大增强。

4.32 丰富产品结构，提高产品档次，做大企业规模。要努力打破我国目前分子筛吸附剂与催化剂条块分割的现状，积极开拓催化剂，立足于全球市场，开拓催化剂、吸附剂的应用领域，做大企业规模。放眼未来，目前我国分子筛规模小、行业分散、价格战等无序现象只是一种过渡阶段，产业整合、产业提升必将到来。

4.33 要大力加强向下游企业、下游领域的渗透与合作，积极走兼并重组的道路，丰富完整分子筛供应的产业链。单纯供应分子筛具有局限性，如果分子筛强势企业与空分设备、净化设备、环保设备、化学工程承包商等企业强强联合，分子筛行业将获得更强劲的发展动力和更广阔的发展空间。