



FUTURE

光期能化：纯苯系列专题（一）：纯苯产业链介绍

光大期货研究所

能化研究团队

研究总监：钟美燕

品种：原油

分析师：杜冰沁

品种：天然气、燃料油、

沥青、航运

分析师：邱艺琳

品种：PTA、MEG、

天然橡胶、

20 号胶

分析师：彭海波

品种：甲醇、PE、

PP、PVC

撰写日期：2025.04.17

期市有风险

入市需谨慎

纯苯作为芳烃产业链核心品种，其供应端呈现显著的工艺路径分化：国内产能结构中，石油苯（占比约 80%）与加氢苯（占比约 20%）构成双轨供应体系。石油苯主要依托炼化一体化装置，通过催化重整、乙烯裂解等工艺的副产品经芳烃抽提精制获得，其产能分布与炼厂区位及原油加工量存在强相关性；加氢苯则源于焦化产业链，以粗苯为原料经加氢提纯工艺制取，其产能弹性受焦炭行业开工率及环保政策扰动较大。

需求端，纯苯作为基础化工平台型原料，其价格传导机制与下游五大主力赛道深度绑定：1）苯乙烯（消费占比超 40%）-EPS/PS/ABS 产业链；2）己内酰胺-尼龙产业链；3）苯胺-MDI 产业链；4）苯酚-双酚 A 产业链；5）己二酸产业链。这种多元化的消费结构使其具备较强的需求弹性，但同时也受制于终端地产、汽车、纺织等周期性行业的景气度波动。

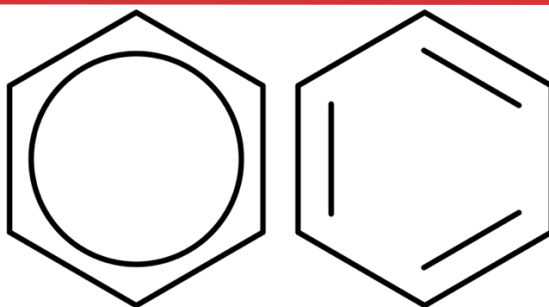
光期能化：纯苯系列专题（一）：纯苯产业链介绍

一、纯苯简介

苯（Benzene, C_6H_6 ）是基础芳烃化合物，该物质常温下为无色透明液态，具有高挥发性和低水溶性（0.18 g/100mL），但可与乙醇、乙醚等有机溶剂形成稳定混合体系。其分子结构中典型的苯环构型（芳香环系）赋予其独特的化学稳定性，PhH 的分子式表征则体现了苯基（Ph-）基团的衍生特性。

苯的闪点（ $-11^{\circ}C$ ）和爆炸极限（1.2–8.0% v/v）决定了其属于甲类火灾危险物质，需严格管控储运环节的火源与静电风险。致癌性（IARC 1 类）特性要求作业场所需符合职业接触限值（0.5ppm TWA）。存储技术规范强调双层密封罐体、强制通风系统及温控装置（一般为 $10-25^{\circ}C$ ），冬季需特别注意防结晶措施（熔点 $5.5^{\circ}C$ ），这将直接影响仓储成本。

图表 1：苯的结构简式



资料来源：光大期货研究所整理

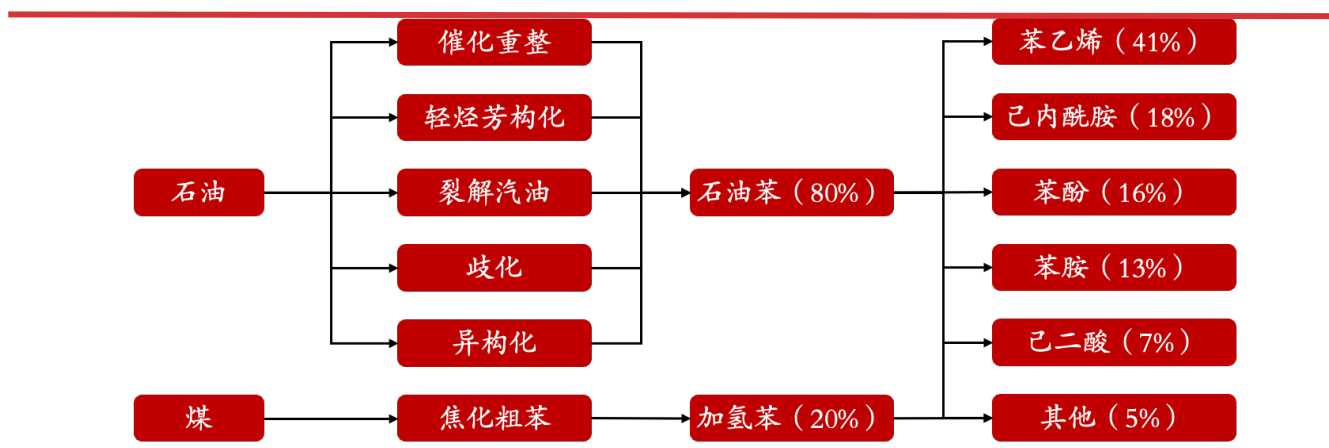
二、纯苯产业链

纯苯作为芳烃产业链核心品种，其供应端呈现显著的工艺路径分化：国内产能结构中，石油苯（占比约 80%）与加氢苯（占比约 20%）构成双轨供应体系。石油苯主要依托炼化一体化装置，

通过催化重整、乙烯裂解等工艺的副产品经芳烃抽提精制获得，其产能分布与炼厂区位及原油加工量存在强相关性；加氢苯则源于焦化产业链，以粗苯为原料经加氢提纯工艺制取，其产能弹性受焦炭行业开工率及环保政策扰动较大。

需求端，纯苯作为基础化工平台型原料，其价格传导机制与下游五大主力赛道深度绑定：1）苯乙烯（消费占比超 40%）-EPS/PS/ABS 产业链；2）己内酰胺-尼龙产业链；3）苯胺-MDI 产业链；4）苯酚-双酚 A 产业链；5）己二酸产业链。这种多元化的消费结构使其具备较强的需求弹性，但同时也受制于终端地产、汽车、纺织等周期性行业的景气度波动。

图表 2：苯产业链



资料来源：光大期货研究所整理

（一）生产工艺

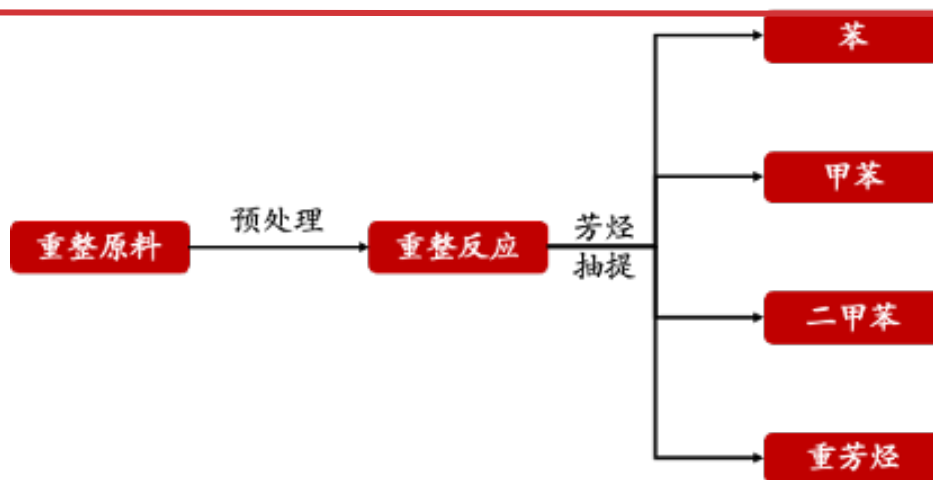
1、催化重整

催化重整（Catalytic Reforming）是在一定温度、压力、临氢和催化剂存在的条件下，使石脑油（主要是直馏汽油）转变成富含芳烃（苯、甲苯、二甲苯，简称 BTX）的重整汽油并副产氢气的过程。

催化重整的原料主要是直馏汽油馏分，生产中也称石脑油（Naphtha）。在生产高辛烷值汽油

时，一般用 80~180℃馏分。当以生产 BTX 为主时，则宜用 60~145℃馏分作原料，但在生产实际中常用 60~130℃馏分作原料，因为 130~145℃馏分是在航空煤油的馏程范围内。二次加工所得的汽油馏分如加氢裂化重石脑油、焦化汽油、催化裂化石脑油、乙烯裂解抽余油等馏分经加氢精制脱除烯烃及硫、氮等非烃化合物后也可掺入直馏汽油馏分作为重整原料。

图表 3：催化重整工艺

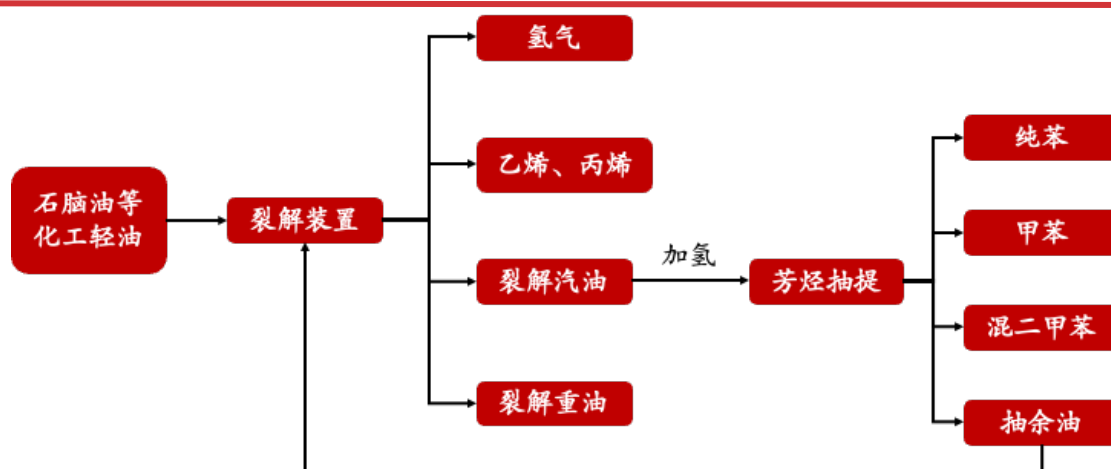


资料来源：光大期货研究所整理

2、乙烯裂解

裂解是饱和烃类原料在高温条件下，发生断链反应或脱氢反应生成小分子烯烃和其他产物的过程。裂解目的是以生产乙烯、丙烯为主，纯苯来自其副产裂解汽油。粗裂解汽油进入裂解汽油加氢装置后，再产出加氢汽油，将加氢汽油再进入芳烃抽提装置，最终可得到纯苯。

图表 4：乙烯裂解工艺

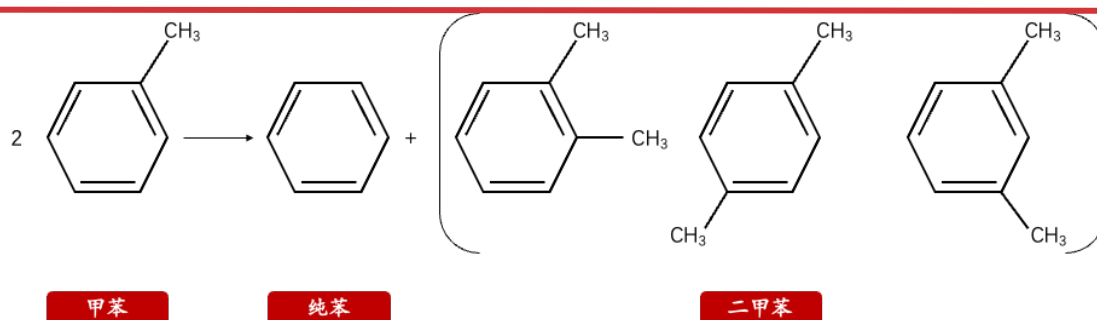


资料来源：光大期货研究所整理

3、歧化和异构化

这两种工艺主要用来生产对二甲苯（PX），其中甲苯歧化是甲苯在催化剂（一般采用硅铝催化剂）作用下，使一个甲苯分子中的甲基转移到另一个甲苯分子上而生成一个苯分子和一个二甲苯分子。混二甲苯异构是改变二甲苯中甲基位置从而生成对二甲苯（PX），在这个过程中也会有少量乙苯脱乙基生成纯苯。

图表 5：甲苯歧化

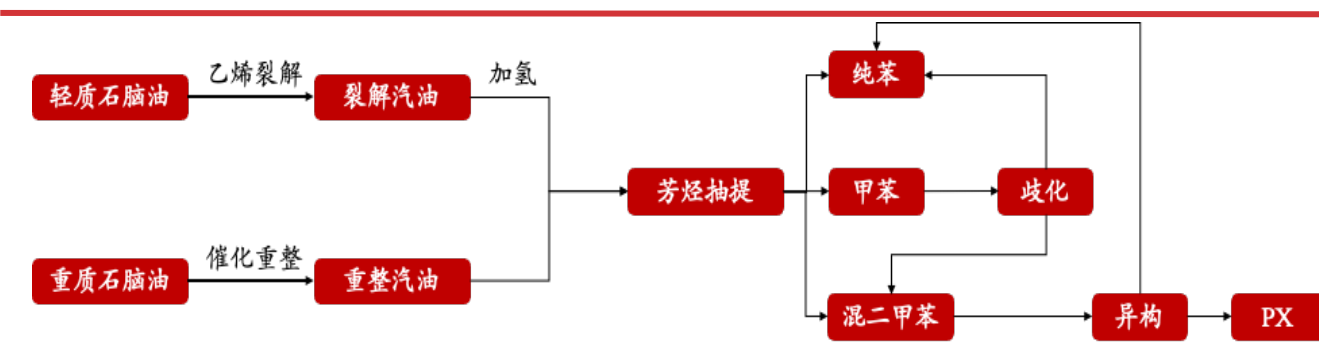


资料来源：光大期货研究所整理

4、芳烃联合

芳烃联合装置通过系统整合催化重整、歧化异构、吸附分离等工艺链，形成多原料协同加工的闭环生产体系。原料端以乙烯裂解副产的加氢裂解汽油和催化重整油为载体，经芳烃抽提分离出苯系、甲苯及混合二甲苯基础组分后，通过歧化反应对甲苯进行分子重构生成苯与二甲苯，再经异构化工序将混二甲苯定向转化为对二甲苯（PX）。整套工艺以 PX 为主导产品，纯苯作为工艺耦合产物，其产量受歧化工序转化效率及原料中甲苯比例的双重制约，形成"主产 PX、联产苯"的产业价值链条。

图表 6：芳烃联合

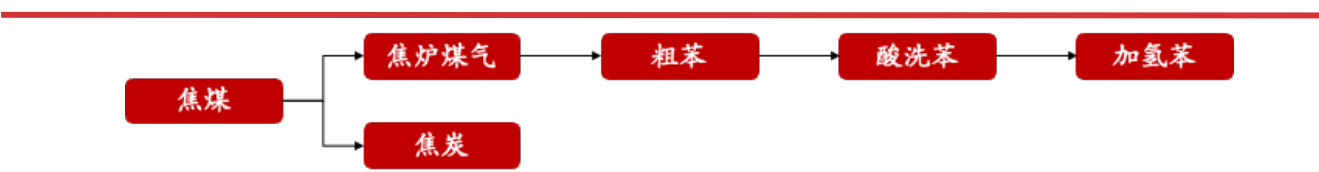


资料来源：光大期货研究所整理

5、煤加工副产苯

焦化苯的生产始于焦炭煤气净化副产物——焦化粗苯，该原料经硫酸酸洗脱除杂质后进入蒸馏单元获得酸洗苯，随后通过催化加氢精制工艺（包含萃取、吸附分离等步骤）提纯为加氢苯。尽管现代加氢技术已使其纯度突破 99.9%，但因残留硫化物、烯烃等微量组分的存在，其物化性能仍与石油苯存在差异，故在实际应用中多与石油苯按比例掺混以平衡品质稳定性与成本效益。

图表 7：加氢苯路线



资料来源：光大期货研究所整理

通过对纯苯生产工艺梳理可以发现，纯苯作为芳烃产业链中的典型联产物，其供应弹性受制于主产品（乙烯、PX 等）的生产调控逻辑。由于生产装置通常采用联合产出模式，企业需通过"产品组合利润"模型进行经济性评估，即综合计算主副产品间的成本分摊与收益联动，而非单一考量纯苯的边际利润。这种生产特性导致纯苯市场呈现"被动供应"特征，其价格波动往往滞后于上游原料（原油、石脑油）及主产品（乙烯、PX）的行情演变。

（二）需求

纯苯下游的五大核心中间体（苯乙烯、己内酰胺、苯酚、苯胺、己二酸）合计占据总消费量的 95%，其中苯乙烯以 41% 的占比形成需求主导。这些中间品通过多级产业链延伸至终端领域：苯乙烯下游覆盖 EPS（包装材料）、PS（家电外壳）、ABS（汽车零部件）；己内酰胺转化为尼龙 6（纺织面料、工业丝）；苯酚-双酚 A（环氧树脂、PC 工程塑料）；苯胺-MDI（聚氨酯制品）；己二酸-尼龙 66（高端纺织、汽车轻量化）。这种"中间品-终端行业"的多级传导机制，使得纯苯实际需求与地产竣工周期、汽车产量、纺织消费等宏观指标形成隐性关联。

1、苯乙烯

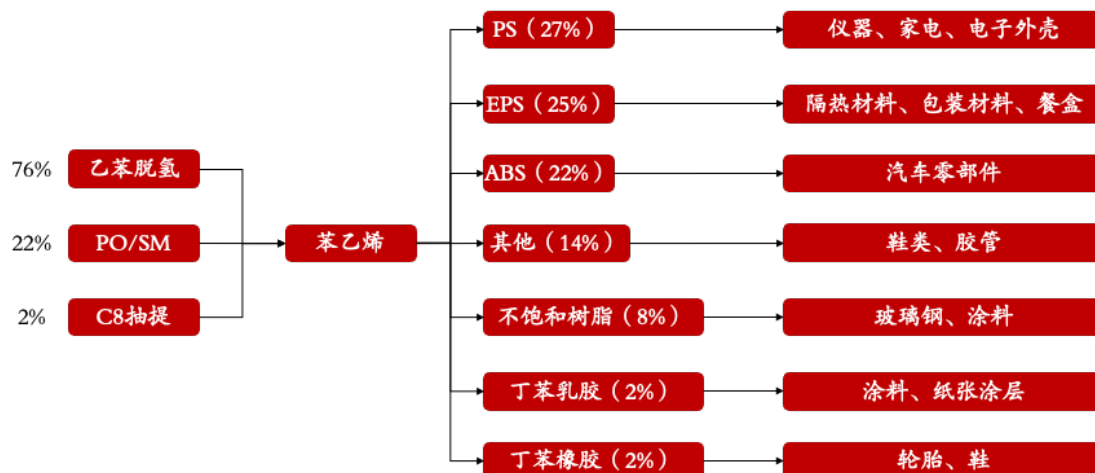
苯乙烯（ C_8H_8 ）是一种由苯与乙烯合成的芳烃衍生物，常温下为无色透明液体，具有特殊芳香气味。其化学性质极为活泼，易在空气中自聚或氧化，且易燃易爆，对皮肤、眼睛及呼吸道具有刺激性，因此工业储运需严格密封（通常采用罐装）、控制环境温度不超过 25℃，并添加阻聚剂（如对叔丁基邻苯二酚）抑制聚合反应，仓储周期一般限制在 90 天以内。

国内生产以乙苯催化脱氢法（产能主导）和 PO/SM 联产法（经济性最优）为核心，两者合计占比 98%，主要原料均为纯苯与乙烯。其中，乙苯脱氢工艺通过高温催化反应生成苯乙烯，技

术成熟但能耗较高；而 PO/SM 联产通过环氧丙烷与苯乙烯的协同生产实现成本优化，成为近年产能扩张的主力。此外，C8 抽提法作为炼化副产物加工路径，市场份额较小，主要用于资源综合利用。

苯乙烯直接下游较为明确集中，EPS、PS、ABS 三大下游占比超过 70%，其他下游产品还包括丁苯橡胶、UPR、SBS 等，继续流转至终端应用领域，则主要涉及日用品、汽车家电、建筑包装等行业。

图表 8：苯乙烯产业链



资料来源：光大期货研究所整理

（1）乙苯脱氢

乙苯在催化剂作用下，达到 550~600℃时脱氢生成苯乙烯，是目前国内外生产苯乙烯的主要方法，其生产能力约占世界苯乙烯总生产能力的 90%。

理论成本：0.29*乙烯+0.79*纯苯+1200

图表 9：乙苯脱氢工艺



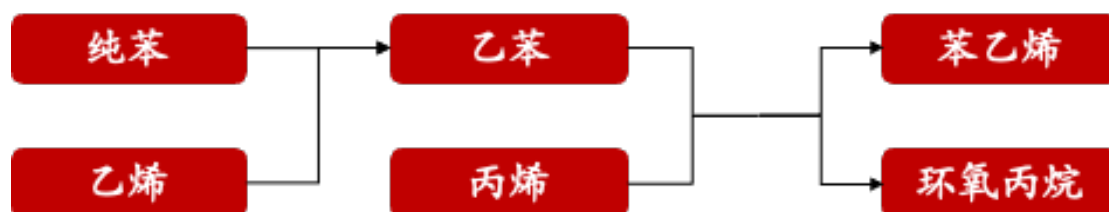
资料来源：光大期货研究所整理

(2) PO/SM 联产

在环氧丙烷—苯乙烯联产法（又称共氧化法）中，乙苯作为起始原料，在催化剂作用下首先与氧气发生氧化反应，生成乙苯过氧化氢（ $C_6H_5CH_2CH_2OOH$ ）。这种过氧化物随后与丙烯进行共氧化反应，其中乙苯过氧化氢提供氧化能力，使丙烯被氧化生成环氧丙烷（ C_3H_6O ），而乙苯过氧化氢自身被还原为 1-苯基乙醇（ $C_6H_5CH_2CH_2OH$ ）。1-苯基乙醇作为中间产物，进一步在催化剂的作用下脱水，通过分子内重排生成苯乙烯（ $C_6H_5CH=CH_2$ ）。在该联产工艺中，生产每吨苯乙烯的同时，能够联产约 0.4 吨环氧丙烷。

理论成本： $(0.82 \times \text{纯苯} + 0.30 \times \text{乙烯} + 0.80 \times \text{丙烯} + 650) \times 0.63$

图表 10：PO/SM 工艺



资料来源：光大期货研究所整理

(3) C8 抽提

石脑油、柴油、液化石油气为原料的蒸汽裂解制乙烯装置生产的裂解汽油中约含 4%—6% 的苯

乙烯，采用抽提方式可将其中的苯乙烯分离出来。

理论成本：C8 液+650

图表 11：C8 抽提工艺



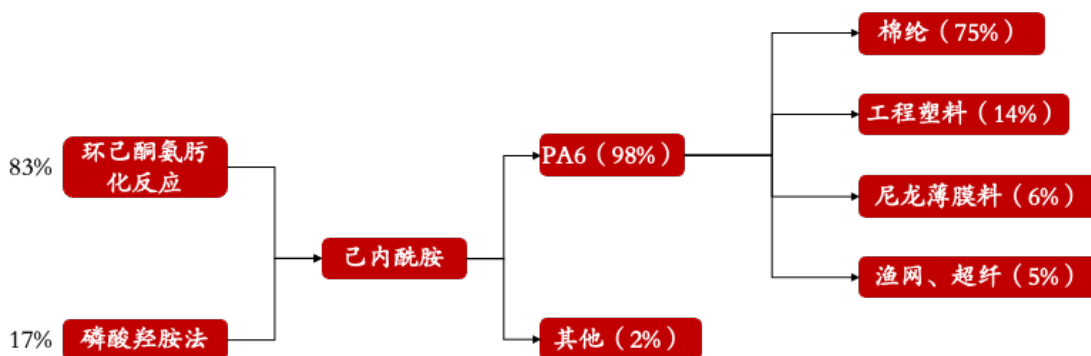
资料来源：光大期货研究所整理

2、己内酰胺

己内酰胺是一种有机化工原料，常温下呈白色结晶粉末状外观，具有良好的水溶性，在国内，从纯苯制备己内酰胺的工艺主要有两种：氨肟化法（HAO）和磷酸羟胺法（HPO）。氨肟化法（HAO）凭借其较为温和的反应条件、钛硅分子筛催化剂的高活性、产品质量的卓越性以及其绿色环保的特性，逐渐成为我国主流的生产工艺。相较于磷酸羟胺法（HPO），氨肟化法不仅成本更低，而且工艺流程更为简洁高效，因此在国内己内酰胺生产中的占比高达 83%左右。作为锦纶产业链的关键原料，己内酰胺主要用于聚合反应生成 PA6 切片，这一应用在下游领域中的占比高达 98%。PA6 切片广泛应用于纺织、纤维、工程塑料以及薄膜等领域，是锦纶产业发展的重要基础。

己内酰胺理论成本：纯苯+600

图表 12：己内酰胺产业链



资料来源：光大期货研究所整理

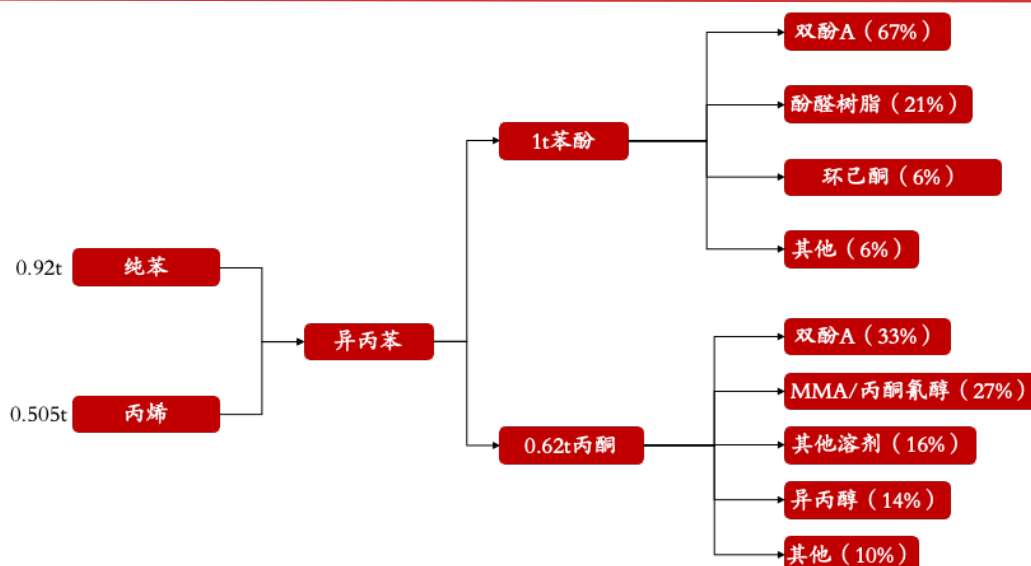
3、苯酚

苯酚是重要的有机化工基础原料，化学分子式为 C_6H_6O 。常温下，苯酚呈现为无色针状晶体形态，具有独特的气味，微溶于水，但易溶于有机溶剂如乙醇、乙醚等。此外苯酚还具有易燃性、腐蚀性和毒性，因此在储存和运输过程中需要特别注意安全。

苯酚的应用范围非常广泛。它可以进一步加工制备多种高附加值的下游产品，例如用于生产双酚 A（一种重要的合成树脂原料）、酚醛树脂（广泛应用于塑料、胶黏剂等领域）、环己酮（是合成己内酰胺的关键中间体），以及用于制造医药中间体等。这些产品涵盖了汽车制造（用于生产塑料零部件等）、电子电器（用于绝缘材料和树脂基复合材料）、房地产（用于建筑材料和涂料）、医疗（用于医药中间体和消毒剂）以及电子产业（用于电子元件封装材料）等多个重要行业。

苯酚理论成本： $0.92 \times \text{纯苯} + 0.505 \times \text{丙烯} + 1700 - 0.62 \times \text{丙酮}$

图表 13：苯酚产业链



资料来源：光大期货研究所整理

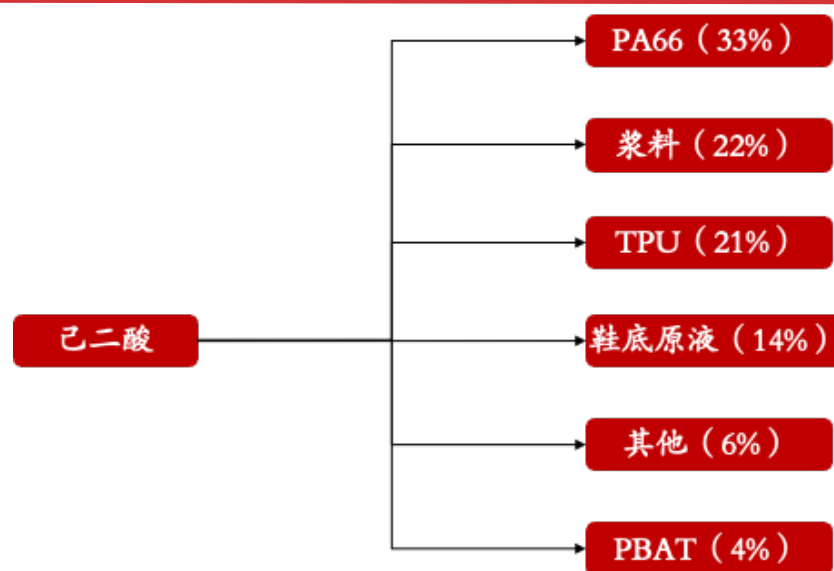
4、己二酸

己二酸（Adipic Acid，简称 AA），又名肥酸，化学分子式 $C_6H_{10}O_4$ ，是一种极为重要的有机二元羧酸。在常温下，己二酸通常呈现为白色结晶体或结晶性粉末，具有类似骨头烧焦的特殊气味。它在水中的溶解性较差，仅微溶于水，但能够很容易地溶解于酒精、乙醚等大多数有机溶剂中，这使得它在化工生产中便于与其他有机物进行反应处理。

己二酸的下游应用涵盖了众多重要领域和产品。它可用于生产聚氨酯（PU）浆料，这类浆料广泛应用于纺织涂层、皮革加工等行业；是制造聚己二酰己二胺（PA66，一种重要的工程塑料）的关键原料；也是热塑性聚氨酯（TPU）生产过程中不可或缺的组成部分；此外，还用于合成鞋底原液，这种原液是生产高质量鞋底材料的基础原料；同时，己二酸也是生产生物降解塑料 PBAT（聚己二酸/对苯二甲酸丁二醇酯）的重要原料之一。

己二酸理论成本：0.72*纯苯+4500

图表 14：己二酸产业链



资料来源：光大期货研究所整理

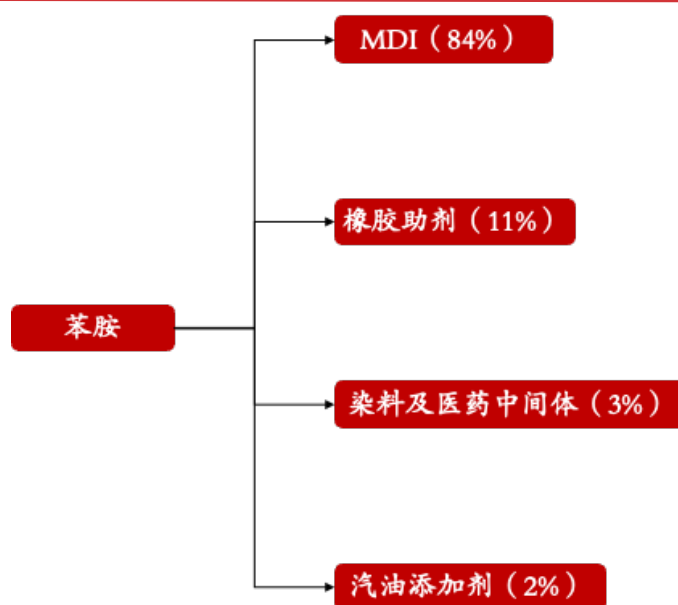
5、苯胺

苯胺（化学名称氨基苯，分子式为 C_6H_7N ），是胺类化合物中极为重要的一种。它在常温下为无色油状液体，具有强烈的特殊气味，同时是一种有毒物质，因此在生产、储存和使用过程中需要严格遵守安全规范，以防止中毒和环境污染。

苯胺的下游消费具有高度集中性，其用途主要集中在少数几个关键领域。其中，大约 84% 的苯胺被用于生产甲苯二异氰酸酯（MDI），MDI 是制造聚氨酯泡沫、粘合剂、密封剂以及弹性纤维等材料的重要原料，广泛应用于建筑、汽车、家电等行业。此外，11% 的苯胺用于生产橡胶助剂，这些助剂在橡胶制品制造过程中起到硫化、防护、加工等多种关键作用，广泛用于轮胎、胶管、胶鞋等橡胶制品的生产。还有 3% 的苯胺被用于制备染料和医药中间体，这些产品在染料工业和医药合成领域中发挥着重要作用。剩余的 2% 苯胺则用于生产汽油添加剂。

苯胺理论成本： $0.86 \times \text{纯苯} + 0.74 \times \text{硝酸} + 800$

图表 15：苯胺产业链



资料来源：光大期货研究所整理

三、总结

通过梳理纯苯产业链可以得到以下结论：

供给端，纯苯作为芳烃联合装置中的关键联产物，当前产能主要依附于催化重整、乙烯裂解等主产品装置，生产经济性需通过芳烃体系（苯-甲苯-二甲苯）的综合收益模型进行测算。特别是在炼化一体化框架下，纯苯的边际成本需叠加原料轻质化趋势（乙烷/丙烷裂解占比提升）与调油组分经济性（芳烃与汽油价差）的双重变量，这使得其估值逻辑需纳入“芳烃-烯烃-调油”三角平衡体系进行动态评估。

需求端，纯苯下游消费呈现典型的中间品传导刚性，五大主力中间体（苯乙烯、己内酰胺等）通过一体化模式（如苯乙烯-PS/ABS 产业链、苯胺-MDI 产业链）形成需求粘性。这种“装置刚性联结”导致即使下游加工环节出现阶段性亏损，生产商仍倾向于维持装置负荷以保障全产业链运营，进而形成对纯苯需求的托底效应。从定价机制看，纯苯价格更多受石脑油/加氢苯成本曲线支撑，而非单纯依赖下游产品利润传导，这使得其价格波动与原油/煤炭等能源品类形成强相关性，而下游化工品行情则通过库存周期间接作用于需求弹性。

光期能化研究团队成员介绍

- **所长助理兼能化总监：钟美燕**

现任光大期货研究所所长助理兼能化总监，上海财经大学硕士，荣获 2019 年度、2021 年度、2022 年度、2023 年上期能源“优秀分析师”，带领能源研究团队获得上期能源 2021 年、2022 年优秀产业服务团队奖，2024、2023 年度期货日报最佳工业品分析师。十余年期货衍生品市场研究经验，服务于多家上市公司及国内知名企业，为其量身定制风险管理方案及投资策略。曾获郑商所高级分析师，并长期担任《第一财经》、《期货日报》等媒体特约评论员。2020 年能化团队主讲的“原油衍生品精品系列直播‘油’刃有余”入选中期协 2020 年期货投资者教育优秀案例。期货从业资格号：F3045334；期货交易咨询资格号：Z0002410。

- **原油/燃料油/天然气/沥青/航运分析师：杜冰沁**

现任光大期货研究所原油、天然气、燃料油、沥青和航运分析师，美国威斯康星大学麦迪逊分校应用经济学硕士学位，山东大学金融学学士；荣获 2023、2022 年度上海期货交易所优秀能化分析师奖，2024、2023、2022 年度期货日报最佳工业品分析师称号，所在团队获得上期能源 2021 年、2022 年优秀产业服务团队奖；扎根国内外能源行业研究，深入研究产业链上下游，关注行业热点事件，撰写多篇深度报告，获得客户高度认可。长期在《期货日报》、《第一财经》等国内主流财经媒体发表观点，并接受《央视财经》和《21 世纪经济报道》等媒体采访。期货从业资格号：F3043760；期货交易咨询资格号：Z0015786。

- **橡胶/聚酯分析师：邱艺琳**

现任光大期货研究所橡胶、聚酯分析师，金融学硕士，荣获 2023 年度上海期货交易所“新锐分析师”、2023 年度《中国模具信息》杂志优秀作者，2024 年度期货日报“最佳工业品期货分析师”称号，所在团队获得期货日报 2024 年度最佳能源化工产业期货研究团队奖。主要从事天然橡胶、20 号胶、对二甲苯、PTA、MEG、瓶片等期货品种的研究工作，擅长数据分析，逻辑能力较强。多次在《期货日报》、《文华财经》、《华夏时报》等国内主流财经媒体发表观点。

期货从业资格号：F03107645；期货交易咨询资格号：Z0021445。

- **甲醇/PE/PP/PVC 分析师：彭海波**

中国石油大学（华东）工学硕士，中级经济师，主要从事甲醇、PE、PP、PVC 的研究工作，多年能化期现贸易工作，通过 CFA 三级考试，具备将金融理论与产业操作相结合的经验。

期货从业资格号：F03125423。

联系我们

公司地址：中国（上海）自由贸易试验区杨高南路 729 号 6 楼、703 单元

公司电话：021-80212222 传真：021-80212200

客服热线：400-700-7979 邮编：200127

免责声明

本报告的信息均来源于公开资料，我公司对这些信息的准确性、可靠性和完整性不作任何保证，也不保证所包含的信息和建议不会发生任何变更。我们已力求报告内容的客观、公正，但文中的观点、结论和建议仅供参考，并不构成任何具体产品、业务的推介以及相关品种的操作依据和建议，投资者据此作出的任何投资决策自负盈亏，与本公司和作者无关。