



光期能化：PX 系列专题（一）：PX 从哪里来？

光大期货研究所

能化研究团队

研究总监：钟美燕

品种：原油、甲醇

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

撰写日期：

2023 年 6 月 12 日

期市有风险

入市需谨慎

为更好地迎接 PX 期货上市，本研究专题系列将从基础特征属性、主要工艺流程、全球供需格局、定价规则、合约设计等方面全面介绍 PX。

PX 是连结炼油与化工的重要芳烃化合物，PX 主要用于生产精对苯二甲酸（PTA）或对苯二甲酸二甲酯（DMT），PTA 或 DMT 再和乙二醇反应生成聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET），即聚酯。通常有三种方式制得 PX，包括 MX 制 PX、石脑油制 PX 和凝析油或燃料油制 PX。目前，在石油芳烃生产过程中，芳烃联合装置是核心装置，生产流程主要包括芳烃的产生、芳烃的转化及芳烃的分离三类技术。

芳烃产生与分离包括从石油中制取芳烃的两种加工工艺：一是石脑油催化重整工艺；二是烃类裂解工艺。芳烃的转化包括芳烃歧化与烷基转移、C8 混合芳烃的异构化等工艺。芳烃分离包括结晶分离法、吸附分离法和模拟移动床吸附分离法。

光期能化：PX 系列专题（一）：PX 从哪里来？

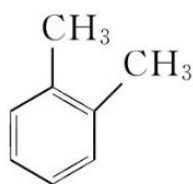
一、PX 是什么？

PX，中文名称对二甲苯，或 1,4-二甲苯，英文名称 1,4-xylene 和 p-xylene，分子式为 C_8H_{10} ，或 $C_6H_4(CH_3)_2$ ，相对分子质量为 106.17，是连结炼油与化工的重要芳烃化合物。

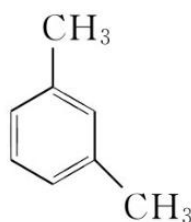
物理性质上，对二甲苯是无色透明液体，有类似甲苯的芳香气味，不溶于水，可混溶于乙醇、乙醚、氯仿、丙酮等多数有机溶剂。

化学性质上，易燃，低毒，毒性略高于乙醇，其蒸气与空气可形成爆炸性混合气体。故 PX 储存应远离火种和火源，库温不宜超过 $37^{\circ}C$ 。

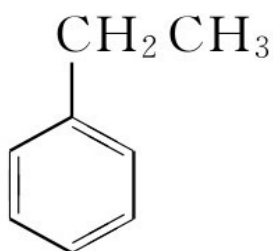
图表 1： C_8H_{10} 含苯环的同分异构体（混二甲苯）



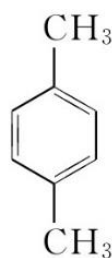
1,2-二甲苯
邻二甲苯（*o*-二甲苯）



1,3-二甲苯
间二甲苯（*m*-二甲苯）



乙苯



1,4-二甲苯
对二甲苯（*p*-二甲苯）

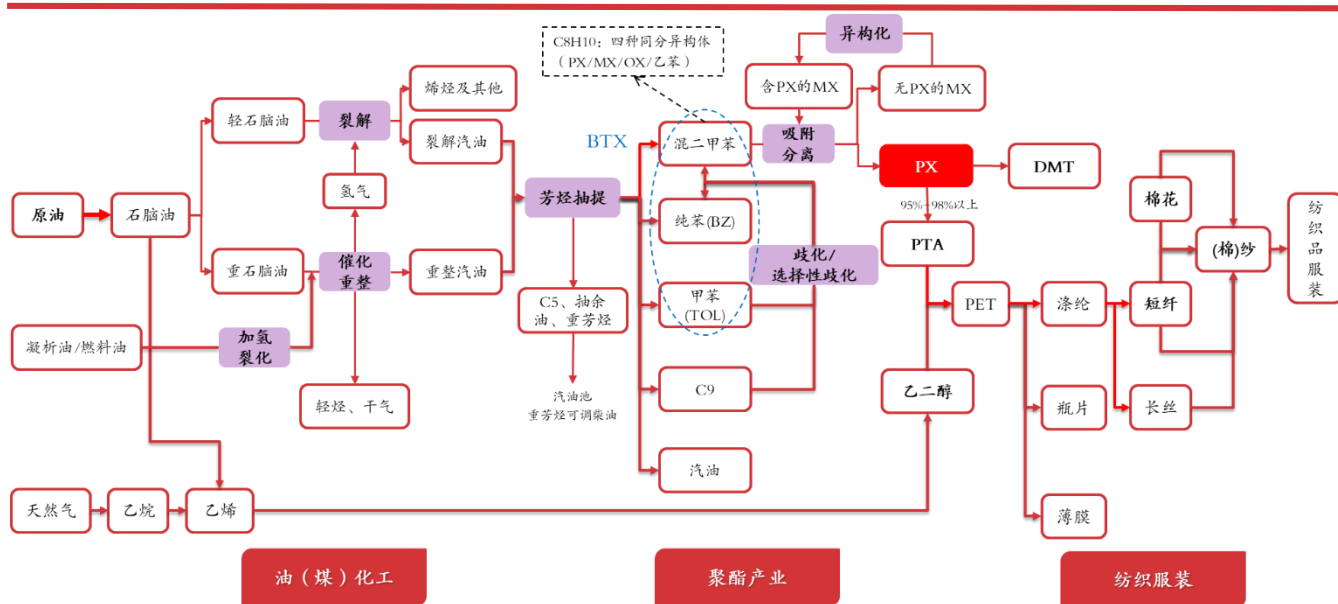
资料来源：《有机化学》、光大期货研究所

二、PX从哪里来？——制PX方法

PX 上游源头为原油，直接原料来源是混二甲苯，生产 PX 主要有三种工艺模式：分别为 MX 制 PX、石脑油制 PX 和凝析油或燃料油制 PX。

混二甲苯是 C_8H_{10} 三种同分异构体【对位 (PX)、邻位 (OX)、间位 (MX)】和乙基苯 (EB) 的混合物。其为无色透明液体，能与乙醇、乙醚、三氯甲烷等多种有机溶剂相混溶，不溶于水。

图表 2: PX 产业链与主要工艺



资料来源：《石油化工生产技术》、光大期货研究所

2.1 短流程——MX 制 PX

主要是通过吸附分离法,把含有 PX/MX/OX 和乙苯的混二甲苯产品,先吸附 PX 再解吸 PX,得到分离的效果,剩余产品再去异构化获得富含 PX 的液体,不断重复吸附分离获得 PX。

2.2 长流程——石脑油制 PX

主要装置为芳烃联合装置，石脑油分离出轻石脑油和重石脑，其中轻石脑油裂解制裂解汽油，再进行芳烃抽提，其中的混二甲苯再经过吸附分离获得 PX；重石脑通过催化重整、芳烃抽提获得纯苯、甲苯、C9、混二甲苯、汽油等，甲苯和 C9 可以通过歧化（TDP）或选择性歧化（STDP）

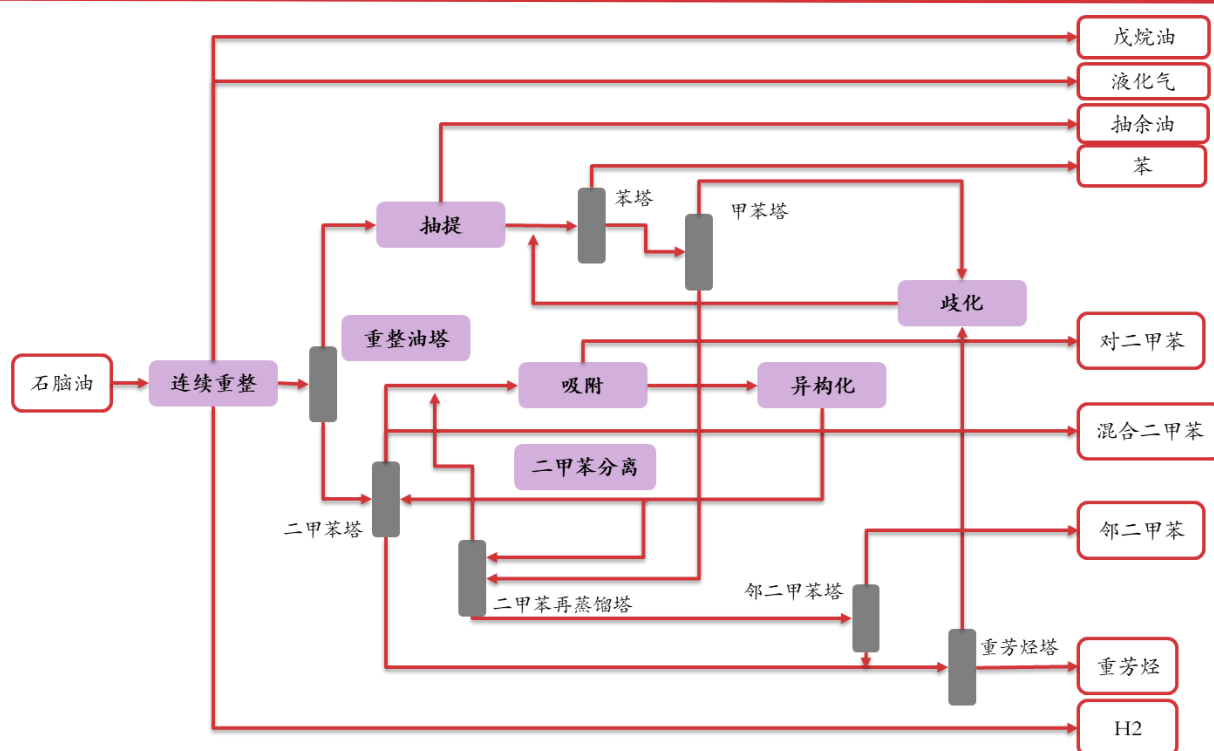
得到纯苯和混二甲苯，所得到的混二甲苯再通过吸附分离和异构化得到丰富的对二甲苯。

2.3 长流程——凝析油/燃料油制 PX

外采凝析油或者燃料油制 PX，相对于石脑油制 PX 的长流程，增加了减压蒸馏和加氢裂化的流程，其余的流程与石脑油制 PX 一致。

三、PX 怎么来的？——制 PX 主要工艺

图表 3：芳烃联合装置主要工艺示意图



资料来源：《石油化工生产技术》、光大期货研究所

长流程中最重要的装置是芳烃联合装置，主要包括以下 12 套装置，即预加氢、连续重整、催化剂连续再生、芳烃抽提、歧化、苯—甲苯分馏、吸附分离、异构化、二甲苯分馏、PSA、热工系统和公用工程。

芳烃联合装置以来自炼油厂的低辛烷值直馏石脑油（65~170℃馏分）作为主要原料，直馏石脑油（非芳烃大约为 95%）经过重整转化成 C6~C11，其中 C8 以上芳烃通过二甲苯分馏装置分

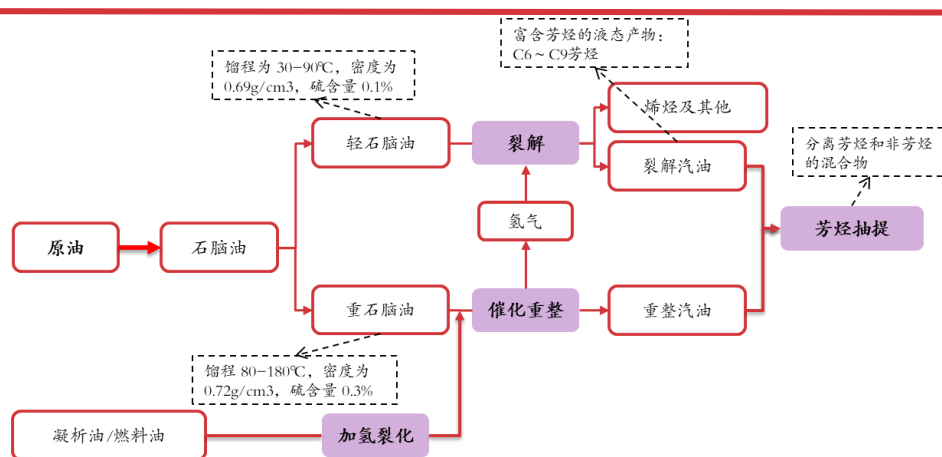
离出 C8 芳烃（含有苯环且有 8 个碳的物质，主要指二甲苯），C8 芳烃再经吸附分离装置生产出对二甲苯和 C8 芳烃抽余油，抽余油经异构化装置得到 C8 芳烃及少量 C8 以上芳烃，再回到二甲苯分馏装置分离出 C8 芳烃。

目前，在石油芳烃生产过程中，芳烃联合装置是核心装置，生产流程主要包括芳烃的产生、芳烃的转化及芳烃的分离三类技术。

3.1 芳烃产生与分离

从石油中制取芳烃主要有两种加工工艺：一是石脑油催化重整工艺；二是烃类裂解工艺，即从石油裂解制乙烯副产的裂解汽油中回收芳烃。此外，在石油加工过程中，也可以取得一些芳烃。

图表 4：芳烃生产工艺示意图



资料来源：光大期货研究所

（1）催化重整

催化重整简称为重整，是石油化工的主要过程之一。重整工艺的最初目的是通过把汽油中的直链烷烃异构化和环烷烃芳构化，以提高汽油的品位，增加汽油的辛烷值。随着石油化工对芳烃需求量的剧增，重整成为生产高浓度单环芳烃的重要方法。

（2）裂解汽油加氢

在石油烃裂解生产乙烯的过程中，自裂解炉出来的裂解气，经急冷、冷却、压缩及深冷分离，

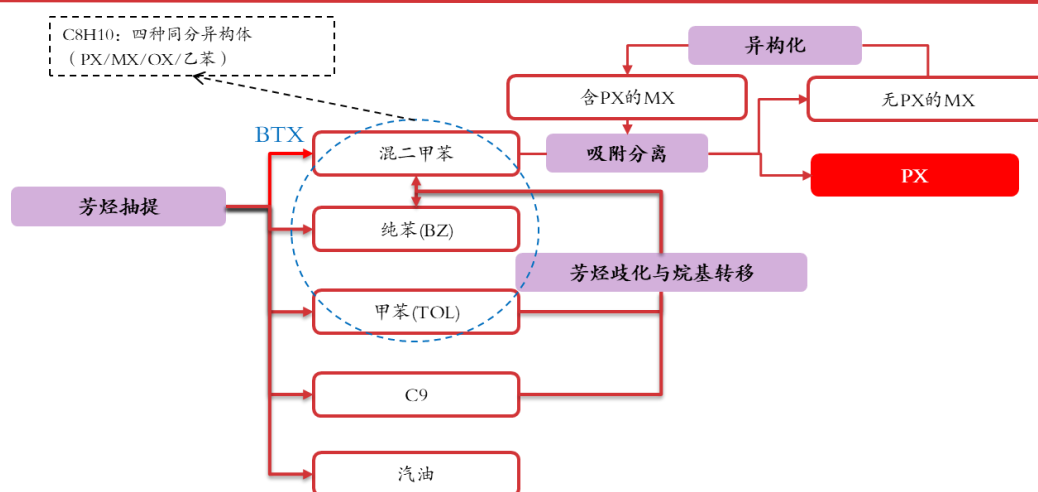
在制得乙烯的同时，还可以获得相当数量的富含芳烃的液态产物，即裂解汽油。裂解汽油集中了裂解副产中全部的 C6~C9 芳烃，因而它是石油芳烃的重要来源之一。

(3) 溶剂抽提

催化重整得到的重整油或裂解汽油加氢后得到的加氢汽油都是芳烃与非芳烃的混合物，所以要想得到芳烃，必须把芳烃和非芳烃进行分离。在大规模工业生产中，主要采用溶剂抽提法分离芳烃和非芳烃。

3.2 芳烃转化

图表 5：芳烃转化主要工艺示意图



资料来源：光大期货研究所

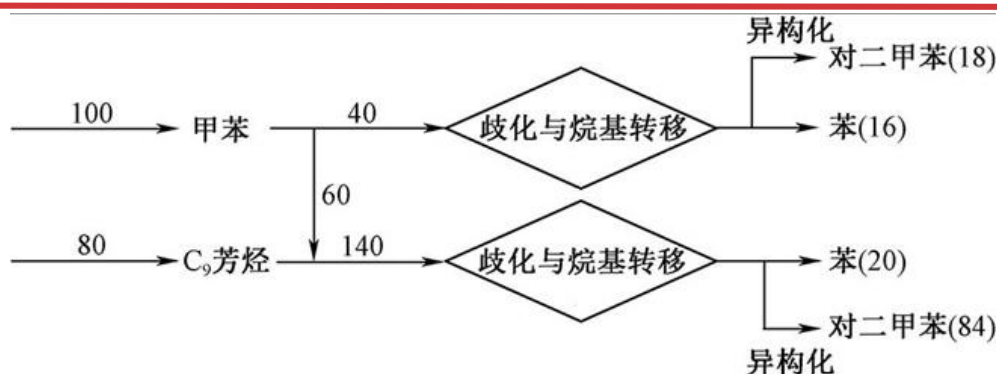
尽管从催化重整油和加氢裂化汽油的芳烃抽提中得到了石油芳烃，但市场对苯和对二甲苯需求量很大，供不应求，而甲苯的情况是供大于求。同时石油芳烃中的其他组分如间二甲苯、邻二甲苯和一些重质芳烃也得不到充分利用。为了得到更多更纯的对二甲苯，对石油芳烃的种类和数量进行调整，以满足市场需求。这些转化技术主要有：芳烃歧化与烷基转移、C8 混合芳烃的异构化等工艺。

(1) 芳烃歧化与烷基转移

芳烃歧化与烷基转移工艺就是利用过剩的甲苯和 C9 芳烃来生产需要的苯和对二甲苯。

芳烃的歧化反应是指两个相同芳烃分子在催化剂作用下，一个芳烃分子的侧链烷基转移到另一个芳烃分子上去的过程；烷基转移反应是指两个不同芳烃分子间发生烷基转移的过程。

图表 6：歧化、烷基转移生产苯和对二甲苯物料平衡示意图



资料来源：《石油化工生产技术》、光大期货研究所

（2）C8 混合芳烃的异构化

无论是甲苯歧化，还是裂解汽油加氢，所得的 C8 芳烃，都是对位、邻位、间位二甲苯和乙苯的混合物，其组成因芳烃来源不同有所差异。不论何种来源的 C8 芳烃，其中以间二甲苯（MX）含量最多，通常是对位（PX）和邻位二甲苯（OX）的总和，而石油化工迫切需要的对二甲苯含量却不多。为了增加对二甲苯的产量，最有效的方法是通过异构化反应，将间二甲苯及其他 C8 芳烃转化为对二甲苯。

异构化的实质是把对二甲苯含量低于平衡组成的 C8 芳烃，通过异构使其接近反应温度及反应压力下的热力学平衡组成。在二甲苯异构化的产物中，对二甲苯的质量分数为 20% 左右，转化率不高，因此，C8 芳烃异构化工艺必须与二甲苯分离工艺联合生产，才能最大限度地生产对二甲苯。也就是说，先分离出 C8 混合芳烃中的对二甲苯（或对二甲苯和邻二甲苯），然后将余下的 C8 芳烃非平衡物料，通过异构化方法转化为对二甲苯、间二甲苯、邻二甲苯平衡物料，再进行分离。如此循环，直至 C8 芳烃全部转化为对二甲苯。

3.3 芳烃分离

用于分离二甲苯的方法主要方法是结晶分离法、吸附分离法和模拟移动床吸附分离法。

(1) 结晶分离法

虽然 C8 芳烃中的各馏分的沸点相近，但它们的熔点相差较大，其中对二甲苯的熔点最高。因此，可利用各组分熔点的差异，将各组分进行分离。将 C8 混合芳烃逐步冷凝，首先对二甲苯被结晶出来，然后滤除液相部分，即邻二甲苯、间二甲苯和乙苯的混合物，则可得晶体对二甲苯。

图表 7：C8 芳烃中各组分的物理性质

组分	乙苯	对二甲苯	间二甲苯	邻二甲苯
沸点，℃	136.19	138.35	139.1	144.41
熔点，℃	-94.98	13.26	-47.87	-25.17

资料来源：《石油化工生产技术》、光大期货研究所

(2) 吸附分离法

C8 芳烃的四种同分异构体物性相似、沸点相差小，用常规的精馏方法难以分离，目前国内外工业应用最为广泛的是吸附分离工艺。吸附分离方法目的是从混合 C8 芳烃四种异构体【邻二甲苯（OX）、间二甲苯（MX）、对二甲苯（PX）以及乙基苯（EB）】中分离出 PX。是采用特定分子筛吸附剂对 C8 芳烃中的 PX 进行选择性的吸附，再用解吸剂（对二乙基苯，PDEB）将 PX 从吸附剂上脱吸下来，达到从 C8 芳烃中分离出 PX 的目的。

目前采用吸附分离方法生产对二甲苯的工艺主要有美国 UOP 公司的 Parex 工艺和法国 Axens 公司的 Eluxyl 工艺。

(3) 模拟移动床吸附分离法

模拟移动床技术的开发应用使固液相的逆向分离实现了连续稳定操作，使吸附分离工艺技术

工艺具有了非常广泛的工业应用前景。模拟移动床吸附分离法的优点是对二甲苯的单程回收率高（可达 92%~99%）、液相操作简便、流程简单、操作连续、条件缓和、过程经济等。所以近年来，本法发展较快，在新建厂中已占主流。自美国 UOP 公司七十年代第一套吸附分离的对二甲苯装置（PAREX）工业化以来，目前生产对二甲苯的纯度可达 99.9%，回收率高于 97%。

四、PX 可以用来做什么？——PX 主要用途

PX 主要生产精对苯二甲酸（PTA）或对苯二甲酸二甲酯（DMT），PTA 或 DMT 再和乙二醇反应生成聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET），即聚酯，进一步加工纺丝生产涤纶纤维和轮胎工业用聚酯帘布，PET 树脂还可制成聚酯瓶、聚酯膜、塑料合金及其它工业元件等，除此之外，PX 还用来做溶剂及生产医药、香料。

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，2022 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 2022 年度上海期货交易所优秀能化分析师奖，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。

- **天然橡胶/聚酯分析师：邱艺琳**

现任光大期货研究所橡胶、聚酯分析师，上海大学金融学硕士、金融学学士。主要从事天然橡胶、20 号胶、PTA、MEG 等期货品种的研究工作，擅长数据分析，逻辑能力较强。

期货从业资格号：F03107645。

联系我们

公司地址：中国（上海）自由贸易试验区杨高南路 729 号陆家嘴世纪金融广场 1 号楼 6 楼

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。