

# 探求高效裂解生产乙烯的新途径<sup>1)</sup>

俞鸿儒 单希壮 陈 宏 冯 珩

(中国科学院力学研究所高温气体动力学实验室, 北京 100080)



俞鸿儒, 77 岁, 研究员, 中国科学院院士. 1946~1949 年在同济大学学习数学; 1949~1953 年在大连工学院学习机械工程; 1957~1963 年中国科学院力学研究所高速空气动力学研究生学习并毕业. 从 1958 年初任研究组长起, 迄今一直从事激波和气体大爆轰现象及其应用研究. 曾任中国力学学会两届常务理事, 创建了直属激波管专业组; 曾任第 16 届至第 24 届国际激波学术会议顾问委员会委员.

**摘要** 乙烯是裂解反应过程中的中间产物, 其收率随反应时间变化. 在最佳反应时间, 收率最高. 裂解反应温度愈高, 峰值收率愈高, 最佳反应时间则愈短. 当前通用的竖管裂解炉难以满足大幅度提高乙烯收率并降低生产成本的要求. 评述了几种激波加热方法的优缺点. 简要描述了我们目前正在研究中的反向射流混合加热方法.

**关键词** 裂解, 乙烯, 激波, 加热, 混合

早在 20 世纪 50 年代初, 钱学森先生<sup>[1]</sup>就已经提出: 可以采用气体动力学方法为反应气体创造急速升至高温和高压的条件, 使其实现快速反应而生成所需的化合物. 还可以让其通过迅速的膨胀冷却, 避免化合物在缓慢的冷却过程中发生逆反应, 将更多的已生成的所需化合物“冻结”下来, 成为产品. 钱先生的这一倡导, 为化工生产工艺开辟了新的途径, 同时也为气体动力学的应用扩展了新的空间.

20 世纪 70 年代以前, 曾经开展了有关的探索性工作<sup>[2]</sup>. 当时的技术路线以激波管为基础. 虽然激波管具有满足各种化学反应工艺要求的能力, 但每次运行所得产品不多, 不足以补偿其消耗. 因此缺乏工业生产使用价值. 激波管连续化装置——波机械, 其技术难点与经济限制着它的实际应用.

我们遵循钱学森先生倡导的方向开展了有关探索研究——寻求高效裂解生产乙烯的气体动力学方法.

## 1 裂解生成乙烯的反应条件

乙烯是众多石油化工产品的基础原料. 近半世纪以来, 是石油化工产品中产量增长最快的品种之

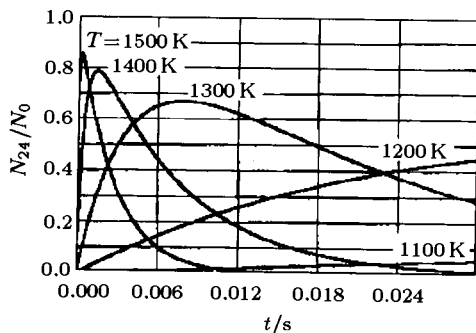
一. 目前往往把乙烯年产量作为衡量该国石油化学工业发展水平的标志.

制造乙烯的原料主要来自石油或天然气, 一般都是各种烃的混合物. 其中气体原料的组分(乙烷、丙烷、丁烷……)比较简单, 而石脑油、柴油甚至原油等液体原料则很复杂. 但各种原料对裂解条件的要求相似. 为了了解裂解温度和反应时间对乙烯收率的影响, 选取典型原料(乙烷和正己烷)裂解生成乙烯的非平衡过程进行了计算<sup>[3]</sup>. 计算结果绘于图 1. 从图可以看到: 虽然两种原料生成的乙烯收率不同, 但收率随反应温度和时间的变化都具有以下特征:

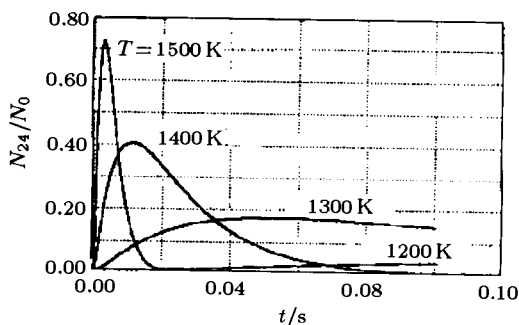
1) 在开始阶段, 乙烯收率随反应时间增加而快速上升. 这是因为原料裂解生成乙烯的反应(一次反应)占优势. 过峰值点以后, 乙烯收率反而随反应时间延长而下降. 这是由于乙烯裂解生成乙炔的反应(二次反应)超出一次反应的缘故. 因此要获得高乙烯收率, 必须控制高温停留时间在峰值点附近. 2) 裂解反应温度愈高, 乙烯峰值收率也愈高. 因此提高反应温度是获得高乙烯收率的必要条件. 3) 裂解温度愈高, 对应的达到峰值收率的最佳停留时间也愈短. 时间愈短, 控制难度也愈大.

本文于 2005-03-29 收到.

1) 中国科学院基础局和国家自然科学基金委资助项目 (19632002).



(a) 原料为乙烷



(b) 原料为正己烷

图 1 在各种恒定反应温度条件下, 乙烯收率随反应时间的变化

上述计算结果与长期生产实践经验得出的结论相符. 即改进裂解工艺的方向为提高裂解反应温度并缩短高温停留时间.

## 2 管式裂解炉性能局限

目前全世界乙烯产量的绝大部分均由竖管裂解炉产出. 竖管裂解炉结构示意图如图 2.

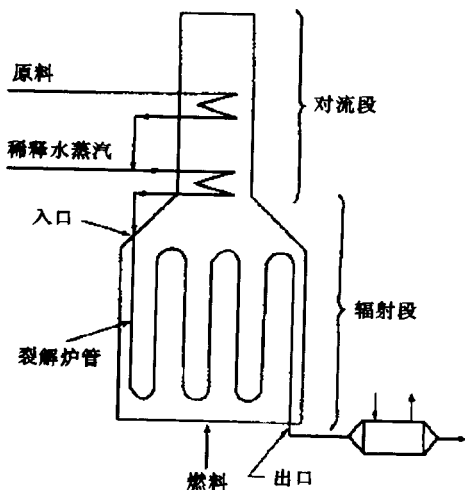


图 2 竖管裂解炉结构示意图

原料在裂解炉管内通过, 原料升温 and 裂解所需热量均通过管壁从管外传入. 这种裂解炉经过长期的

不断改进, 性能已趋近完善, 但仍难以满足高效裂解制乙烯的工艺要求. 首先是裂解温度不够高. 虽然裂解炉管材料耐高温极限已从 20 世纪 50 年代的 1100 K 提高到接近 1500 K. 但由于裂解要求高强度传热导致炉管内外壁形成大的温差, 加上内壁面结焦层和原料气流边界层温差, 总温差 (图 3) 一般大于 200 K<sup>[4]</sup>. 因此管内原料气温度较炉管最高温度低好多. 此外原料升温速率受管壁传热强度限制而不够快. 因此相当部分时间内, 裂解温度都比最高温度低 (图 4).

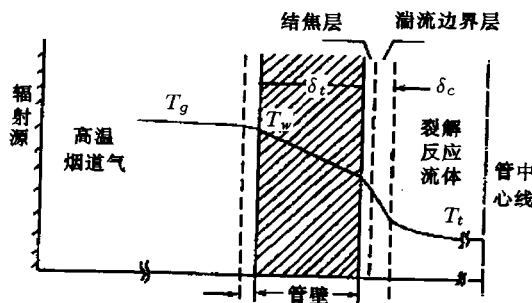


图 3 炉管内外温度径向分布 [5]

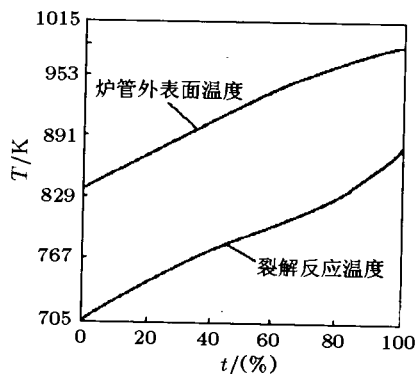


图 4 炉管外表面和原料反应温度分布 [4]

其次高温停留时间难以缩短. 缩短停留时间要求两个必要条件: 快速加热和快速冷却. 现有直接急冷的冷却速率已达每微秒温度下降 100 K, 间接急冷也达到每微秒 1 K<sup>[5]</sup>, 满足快速冷却要求. 然而受管壁传热强度制约, 加热速率太慢成为缩短停留时间的重大障碍. 提高加热炉辐射强度从而升高炉管表明温度或缩小炉管直径虽能加快加热速率. 但前者受管材耐高温性能的制约, 潜力有限. 圆柱体侧表面积与体积之比与直径成反比, 缩小炉管直径相当于增加传热面积; 相应管壁亦可减薄, 使管壁温差变小. 两者均促使原料升温加快. 20 世纪 80 年代初出现的“毫秒裂解炉”最小炉管直径降至 25.4 mm, 停留时间缩短到 30 ms. 当采用乙烷作原料时, 乙烯收

率可提高 5%~10%；采用重原料时，乙烯收率甚至可提高 10%~20%<sup>[5]</sup>。然而由于炉管横截面缩小，原料流量下降。为保持裂解炉的生产率，需采用数量很多的并联炉管。因此难以使各炉管原料均匀分配，导致各炉管裂解条件不尽相同。此外结焦不利影响对小直径管更为明显，使运行寿命缩短。加上其他技术因素，炉管直径不仅未能进一步缩小，反而走回头路。目前，工业中应用的炉管直径均大于 50 mm。

侯祥麟院士<sup>[6]</sup>指出：当今裂解制乙烯工艺的技术已接近完善，虽不断有所改进，但提高的余地不多。

### 3 激波控制加热方法

目前工业裂解制乙烯达到的最高单程收率，与化学动力学计算求得的数值相差还相当远。如能改善裂解条件，提高乙烯单程收率的潜力还很大。然而管式裂解炉通过管壁导热来加热原料并供应裂解反应所需热量这一特性妨碍其进一步明显提高裂解反应温度和缩短停留时间，难以大幅度提高单程乙烯收率。因此探求能满足高收率裂解工艺条件的新加热方法具有重大的实用价值。

#### 3.1 激波加热特性

激波具有将气体瞬时升至高温的能力。由低温转捩至高温只需几个分子碰撞过程。在裂解工艺条件范围内，转捩时间小于 1 $\mu$ s。能达到的高温水平，对于满足裂解工艺要求来说应是轻而为重的。因此激波加热方法能满足裂解反应所要求的高温能力；并为精确控制最佳停留时间提供了必要条件。因此采用激波加热，具有大幅度提高乙烯收率的可能性。此外，由于不通过管壁导热来供热，反应器壁可采用水冷降温，从而无需耐高温合金制造裂解反应器，降低设备造价；反应器通径不受约束，单台反应器的产量可以做得很大。壁面结焦后，由于反应器径向尺寸大，影响较弱，有助于延长运行周期。

加热原料可使用两类激波：运动激波和驻定激波。前者扫过静止的或流动的气体后将其升温。由于过程是非定常的，只能间歇工作，用于工业生产困难较多。后者固定不动。当超声速气流穿过激波阵面后，温度突然升高并开始裂解，可连续运转。易于工业生产使用。激波加热用于裂解的原理见图 5。气体原料在激波上游以超声速流动，当其穿过激波阵面后，温度迅速上升，裂解反应随之发生。气流进入冷却段后，裂解反应终止。反应物从激波阵面开

始流到冷却段经历的时间为停留时间。调节激波至冷却段之间的长度，即可控制停留时间。

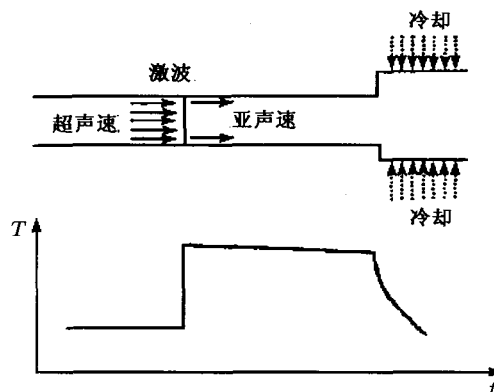


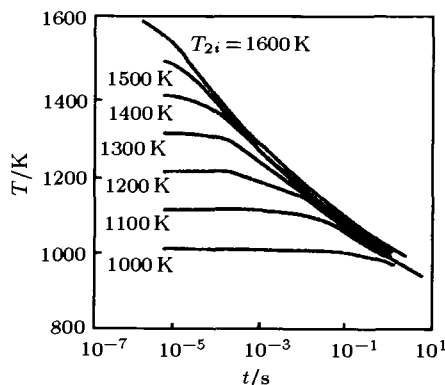
图 5 激波加热原理图

激波阵面两边气体温度比

$$\frac{T_2}{T_1} = (2\gamma Ma_1^2 - 1)[2 + (\gamma - 1)Ma_1^2] / (\gamma - 1)^2 Ma_1^2 \quad (1)$$

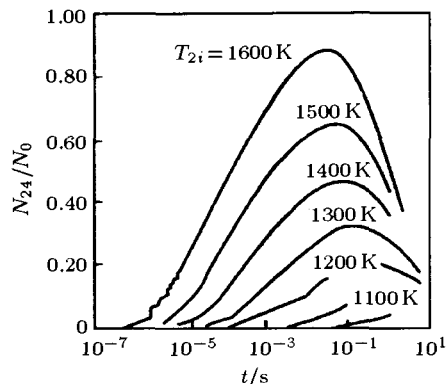
式中  $Ma$  为气流马赫数， $\gamma$  为比热比，下标 1 和 2 分别代表激波上游和下游。由公式可以看到：提高激波上游气流马赫数  $Ma_1$  和温度  $T_1$  均能提高激波下游温度  $T_2$ ，但  $T_1$  不应超过裂解开始的临界温度，以避免在激波上游开始裂解。

激波加热与常规加热的性质不同。它依靠原料自身的动能转化为内能提升温度而非利用外部传入的热量使原料升温。因此裂解开始直至急冷期间，由于裂解反应吸热，温度逐渐下降。董宇飞等<sup>[3]</sup>对激波加热条件下，反应温度和乙烯组分随时间的变化进行了计算。计算结果绘于图 6。激波加热方法与恒定裂解温度相比：当初始温度与恒定裂解温度相同时，前者乙烯峰值收率低于后者。要获得相同的峰值收率，初始温度要稍高于恒定裂解温度。前者最佳反应时间长得多，过峰值点后收率下降速率亦



(a) 反应温度变化

图 6 激波下游反应温度和乙烯组分随时间的变化



(b) 乙烯组分变化

图6 激波下游反应温度和乙烯组分随时间的变化(续)

慢得多, 这些都有利于生产过程中的控制。

激波加热方法的主要困难为: 如何在气体温度始终低于裂解临界温度条件下, 将气体加速到所需的高速。通常通过膨胀使气体加速, 利用拉伐尔喷管可达到超声速。气体在膨胀过程中, 温度随速度增加而下降。气体膨胀加速能达到的最高速度受滞止温度(总温)的制约。当流动中的气体温度(静温)降到绝对零度时, 最大速度

$$V_{\max} = \sqrt{\frac{2\gamma}{\gamma-1}RT_0} \quad (2)$$

为了防止气体在膨胀时凝结, 气流静温只能降到凝结点附近。实际达到的速度较最大速度低。要获得更高速度, 就要将气体加热。

总温与静温比

$$\frac{T_0}{T_1} = 1 + \frac{\gamma-1}{2}Ma_1^2 \quad (3)$$

联合式(1), 式(3)两式消去  $T_1$ , 得

$$\frac{T_0}{T_2} = \frac{(\gamma+1)^2 Ma_1^2}{2\gamma Ma_1^2 - \gamma + 1} > 1 \quad (4)$$

从上式可以看到: 滞止温度  $T_0$  超过激波下游温度  $T_2$ 。若将气体预先加热, 则裂解反应在预热过程中早已发生。因此这种使气体加速方法不能在裂解工艺中使用。探索适用的原料气加速方法是激波加热能用于裂解生成乙烯的关键。

### 3.2 ACR 法

Kamm 等<sup>[7]</sup>发明了碳氢化合物热裂解方法。该方法工作原理如图7所示。燃料(氢或甲烷)和氧同时喷入燃烧室, 混合后点火燃烧。产生的燃气再与喷入的水雾相混合, 将温度降到所需水平后向下游流动。液体原料在拉伐尔喷管喉部附近喷入。与燃

气流混合、蒸发并部分裂解。混合物在喷管出口处加速到所需马赫数, 然后穿过激波。气体温度急速升高, 原料进一步裂解并持续到淬冷区。

ACR 利用原料与燃气流混合, 希望藉燃气流的动能和热能将原料加速到所需速度和加热到所需温度以实现激波加热裂解。然而燃气从喷管喉部流向出口截面大部分时间里, 静温仍高出裂解临界温度。原料从喉部喷入与燃气相混, 部分原料可能立即开始裂解。原料与燃气相混合, 要达到速度与温度平衡, 需要相当长时间。在喷管出口处, 原料速度和温度可能都低于燃气。原料穿过激波后将难以达到预期的高温。这些困难问题如未能妥善解决, 则激波加热的优点将难以实现。日本吴羽化学公司、千代田公司和美国联碳公司于1979年开始联合进行年产2000t裂解装置生产试验, 但迄今仍未见到实质性进展报道。

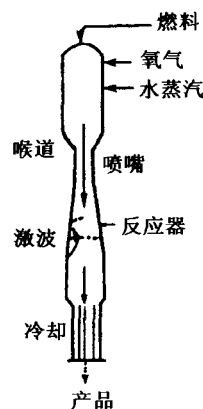


图7 ACR 裂解原理图

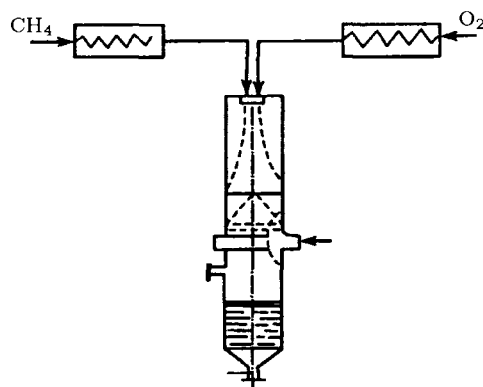


图8 激波点火反应器原理图

### 3.3 激波点火法

Gorislavets 和 Moyorov<sup>[8]</sup>发明了联合生产乙炔和乙烯的方法。工作原理示于图8。将甲烷加热到820°C与200°C的氧同时充入混合室, 认为进气周

期短不会点燃。富甲烷混合物通过拉伐尔喷管加速至超声速。在喷管出口外遇障碍物，在其前形成脱体激波。激波后温度升高，甲烷与氧被点火燃烧，温度进一步升高。富余的甲烷裂解生成乙炔和乙烯。

这一裂解法的要害是认为  $820^{\circ}\text{C}$  的甲烷和  $200^{\circ}\text{C}$  的氧相混合时，不会被点火燃烧。实际上混合区甲烷与氧混合物温度高出激波后温度，混合时间远大于点火延迟时间。激波后能点火则在混合区早已点火。这种方法的实际可行性值得关注。

### 3.4 超声速混合加速法

Hertzberg<sup>[9,10]</sup> 等发明了激波起始裂解反应器，其工作原理示于图 9。采用加热到  $1500\text{K}$  的水蒸汽作载气，载气通过列阵喷管膨胀加速形成多股  $Ma$  为  $2.0\sim 2.5$  的射流。原料气预热到  $975\text{K}$  也膨胀加速成多股超声速射流。两者交互且平行地射入混合区，在超声速状态下互相混合。混合物穿过激波后速度降为亚声速，温度升高并起始裂解。经历预定停留时间后淬冷，结束裂解反应。

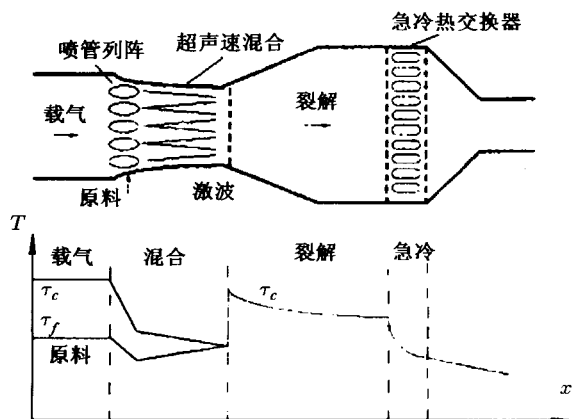


图 9 激波起始裂解反应器原理图

Hertzberg 教授等发明的激波起始裂解反应器与前两个发明相比，具有重大的进展。主要差别为混合过程中，载气和原料温度均低于裂解临界温度。因为高温载气（水蒸汽）膨胀加速到超声速后，温度大大降低。例如：水蒸汽加速到  $Ma = 2$ ，气流温度降至滞止温度的  $60\%$  左右；加速到  $Ma = 2.5$ ，温度降到约一半。选定马赫数，总可使载气流温度低于裂解临界温度。如果混合过程中，出现干扰激波，则另当别论。

1984 年 Hertzberg 教授应邀访问中国科学院力学研究所时，与他讨论了 Gorislavets 等的发明。他

认为该专利实用性不强，与此前作者对其评价相同。然而该发明却有很好的启发意义。随后 Hertzberg 和作者都在 20 世纪 80 年代受重新兴起的超声速燃烧中混合研究的影响，两人独立地形成类似的构思<sup>1)</sup>。Hertzberg 教授在美国工业企业强力支持下（实验设备费超过千万美元），工作进展很快。证实试验得出：在乙烷转换率  $80\%$  的条件，乙烯重量收率高达  $69\%$ 。然而这需要在载气与原料比为  $25.5:1$ （载气  $>96\%$ ）条件下才能达到<sup>[11]</sup>。这可能是因为只有小部分载气能与原料气良好混合。加上不允许在混合过程中出现强干扰激波，载气与原料气速度差不能太大，因此载气滞止温度也不能太高，导致载气用量过多。这一问题成为激波起始裂解反应器向工业生产推广应用的主要障碍。

超声速混合是超声速燃烧的技术难点，在这里亦反映出这种特征<sup>[12]</sup>。解决这一难题，恐非易事。

### 4 反向射流混合加热

为了避开超声速混合的困难，作者提出反向射流混合加热方法<sup>[13]</sup>，工作原理见图 10。

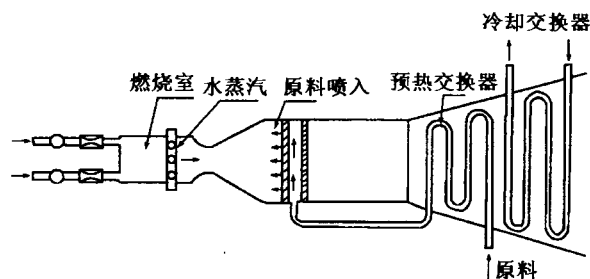


图 10 反向射流混合加热裂解反应器原理图

燃料（氢或甲烷）和氧同时喷入燃烧室，混合后点火燃烧。燃气与喷入的经预热的水蒸汽混合，混合物温度调节到所需温度后作为载气。载气通过拉伐尔喷管加速至超声速，与反向喷入的多股原料气射流强烈相互干扰，快速混合、升温并裂解。经历需要的停留时间后，在冷却段淬冷，产品被冻结下来。

燃气与载气有较大温差，因而能使用较多水蒸汽。喷入的水蒸汽温度愈高，用量可更多，燃气消耗则更少。预热水蒸汽是利用裂解产品余热产生的，供应方便，代价低廉。

反向射流混合加热裂解装置能否适用，决定于混合加热速率、混合均匀性以及原料气与载气流量比等特性。因此探求均匀、快速且具有高原料比的反向射流混合方法成为问题的核心。

1) 俞鸿儒 气动技术在裂解制造乙烯新工艺中的应用。中国科学院“八五”项目可行性研究报告，1992

#### 4.1 实验装置和测量方案

反向射流与超声速流互相干扰,其混合强度与混合速率显然比同向超声速流混合强得多.混合均匀性决定于载气流和原料气射流的总温、总压和马赫数;原料气射流的直径以及载气与原料气射流的流向夹角.图11为进行有关实验的装置示意图.考虑到实验易于进行,节省费用以及能获得可靠的实质性数据,采用800 K高温水蒸汽作载气,室温空气模拟原料气.由于载气与原料气总温不同,混合物总温可代表当地混合物组分,选用热电偶排在不同截面测量混合气流总温.

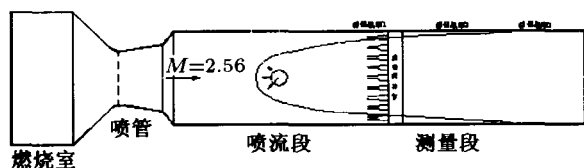


图 11 反向射流混合实验装置简图

#### 4.2 初步实验结果<sup>[14]</sup>

图12为载气流  $Ma = 2.65$ , 原料气为声速射流,射流孔直径  $d$  为  $1\text{ mm} \sim 2\text{ mm}$ , 载气与射流交叉夹角  $45^\circ$ , 载气与原料流量比为  $4:1$  条件下混合流总温分布数据.从图可以看出:射流出口下游  $120\text{ mm}$  处, 温合已基本均匀.这段距离流动所需时间,与裂解最佳停留时间相比,只占很小的部分.预示这种加热方法具有良好的实用前景.

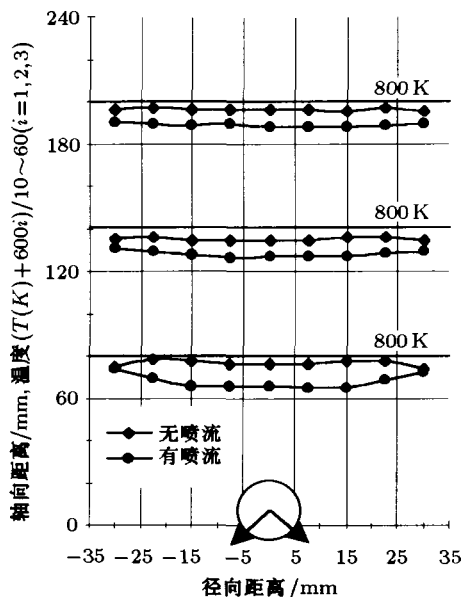


图 12 混合流温度场

## 5 展望

反向射流混合加热与激波控制加热方法均可提供优化裂解条件,从而能大幅度提高乙烯收率,节省原料消耗.由于裂解反应器通径不受限制,采用大口径既能降低壁面结焦不利影响,有助于延长运行周期;又能使产量增加,显现规模效应优势.反应器壁可采用水冷降温,无需使用需定期更新的昂贵的镍铬合金钢管,降低裂解装置成本与运行费用.现有研究结果显示:反向射流混合加热与激波控制加热方法相比,前者难以克服的技术障碍少,更具实用前景.

然而向实际应用方向迈进,除了原理性探索研究尚待继续深入外,还需要有丰富生产经验的工程技术人员协助解决涉及生产的技术问题.作者热切地希望获得工业界的关注与支持.

**致谢** 中国科学院基础局原局长钱文藻,国家自然科学基金委员会原主任张存浩院士,力学处原处长靳征谟曾给予特别关注.董宇飞、林建民、毛荣海、邢小月、李仲发、谷笏华、国相杰、王杰以及方曜奇教授先后参加了部分工作,在此一并致谢.

## 参 考 文 献

- 1 钱学森. 论气体动力学方法制造化合物的可能性. 郑哲敏编: 钱学森手稿. 太原: 山西教育出版社, 2001. 440~456 (Tsien HS. On the possibility of manufacturing chemicals by gas-dynamical processes. In: Zheng ZM ed. The HS Tsien's Original Manuscripts. Taiyuan: Shanxi Education Press, 2001. 440~456 (in Chinese))
- 2 Hertzberg A. Nitrogen fixation for fertilizers by gasdynamic techniques. In: Modern Developments in Shock Tube Research. Kamimoto G, ed. 1975. 17~28
- 3 Dong YF, Yu HR, Shen XH. On nonequilibrium of pyrolysis process in the manufacture of ethane. *Acta Mechanica Sinica*, 1999, 15(1): 23~31
- 4 Albright LF. Pyrolysis: Theory and Industrial Practice. New York: Academic Press, 1983
- 5 邹仁均. 石油化工裂解原理和技术. 北京: 化学工业出版社, 1983 (Zou Renjun. Principium and Technology of Pyrolysis in Petrochemical Industry. Beijing: Chemical Industry Press, 1983(in Chinese))
- 6 侯祥麟. 石油工业与科技发展. 中国科学报, 1994 (Hou Xianglin. Petroindustry and technology progress. *Sciencetimes*, 1994 (in Chinese))
- 7 Kamm GR, et al. Process for the thermal cracking of hydrocarbons. US Patent 4136015, 1979
- 8 Gorislavets SP, Moyorov VI. Method of jointly producing acetylene and ethylene. USSR Patent, SU 392723A, 1983
- 9 Mattick AT, Hertzberg A, Russell DA. Shock controlled

- reactors. In "Shock Waves" Takayama K ed. New York: Springer-Verlage, 1992. 1289~1294
- 10 Hertzberg A, Mattick AT, Russell DA. Apparatus for initiating pyrolysis using a shock wave. US Patent 5219530, 1993
- 11 Mattick AT, Knwlen C, Russell DA, et al. Pyrolysis of hydrocarbons using a shock wave reactor. Proc. 21st ISSW, Australia, 1997
- 12 Yu HR, Shan XZ. Research on acceleration behavior of gaseous feedstock for a shock controlled reactor. *Jour Dailian Univ of Technology*, 2004, 44(3): 262~265 (in Chinese)
- 13 俞鸿儒等. 反向射流混合加热裂解装置及生产乙烯的方法. 发明专利(专利号 ZL 01,145130.0), 2001 (Yu Hongru, et al. Pyrolyzer by heating of oppositejets mixing and technology of manufacturing ethane. *China Patent* (ZL 01.145130.0) 2001 (in Chinese))
- 14 邢小月, 陈宏, 林建民等. 超声速反向混合实验及其压力测量. *流体力学实验与测量*, 2003, 17(3): 31~35 (Xing Xiaoyue, Chen Hong, Lin Jianmin, et al. Experiments on supersonic flow with opposite jets. *Experiments and measurements in Fluid Mechanics*, 2003, 17(3): 31~35 (in Chinese))

## SEARCH AFTER NEW APPROACH FOR EFFICIENT PYROLYTIC MANUFACTURE OF ETHYLENE

YU Hongru SHAN Xizhuang CHEN Hong FENG Heng

(High Temperature Gasdynamic Labolatong, Institute of Mechanics Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

**Abstract** Ethylene belongs to intermediate in the pyrolytic processes. The yields of ethylene change with pyrolysis durations which reach the peak at the optimal resident time. While the reaction temperature increases, the peak yields of ethylene is increased and the optimal resident time is sharply shortened. The vertical pipe furnaces in common use in convensional pyrolytic technology are difficult to satisfy the demands for significantly higher yields of ethylene and lower production costs. The advantages and disadvantages of heating by standing shock wave are reviewed and the developing heating method by mixing of opposite jets with high temperature steam flow is described briefly.

**Key words** pyrolysis, ethylene, shock wave, heating, mixing

(上接第 6 页)

### 参 考 文 献

- 1 Einstein A. *Annalen der Physik*, 1905, 17: 132, 289, 549, 891; 1905, 18: 639
- 2 李醒民. 彭加勒对物理学革命的直接贡献. *自然信息*, 1984(2): 79 (Li Xingmin. Direct Contribution of Poincare to Physics Revolution. *Nature Information*, 1984(2): 79 (in Chinese))
- 3 Einstein A. *Annalen der Physik*, 1916, 49: 769
- 4 库伯. 物理世界. (上卷). 海洋出版社, 1983, 1: 113~125 (Cooper LN. An Introduction to the Meaning and Structure of Physics. Seas Press, 1983, 1: 113~125 (in Chinese))
- 5 (a) 张元仲. 狭义相对论实验基础. 科学出版社, 1979, 1983, 1994 (Zhang Yuanzhong. Experimental Foundations of Special Relativity. Beijing: Science Press, 1979, 1983, 1994)
- (b) Zhang Yuanzhong. Special Relativity and Its Experimental Foundations. World Scientific Publishing Co Pte Ltd, Singapore, 1998

## FROM NEWTONIAN MECHANICS TO SPECIAL RELATIVITY

ZHANG Yuanzhong

(Institute of Theoretical Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

**Abstract** In this paper the historical background of the development of special relativity and the relativistic kinematics and its results are briefly summarized. In particular, it is emphasized that the modifying of Newtonian absolute simultaneity is the key point for constructing special relativity. Furthermore, the relativistic dynamics and its achievements are introduced, which are also tests of special relativity. Finally, direction about developing special relativity in the future is expounded.

**Key words** special relativity, Newtonian mechanics, definition of simultaneity