

# 低碳烯烃直接氧化制 $C_2 \sim C_3$ 含氧化合物

张新庄,王永炜,张书勤,张伟\*

(陕西延长石油(集团)有限责任公司研究院,陕西 西安 710075)

**摘要:**分析了我国煤制烯烃技术和产业现状,探讨了主要烯烃产品(乙烯、丙烯)一步氧化生产含氧化合物的可行性。从工艺和技术指标方面比较了国内外主要的甲醇制烯烃技术,并以乙烯/丙烯的生产和消费现状为依据,预测了未来国内煤制烯烃产业发展的潜在风险。认为生产低碳含氧化合物是消化过剩烯烃和增强煤制烯烃产业竞争力的有效途径,并重点介绍了乙烯直接氧化生产乙醛、乙酸和环氧乙烷以及丙烯直接氧化生产丙烯醛和环氧丙烷的技术现状。延伸煤制烯烃产业链,丰富煤化工产品,促进煤炭高效、清洁和高值化利用,契合我国能源结构特点,对经济民生和环境保护都具有重要意义。

**关键词:**含氧化合物;煤化工;乙烯;丙烯;催化氧化;甲醇制烯烃

中图分类号:TQ203;TQ546.4

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2017)10-0172-05

DOI:10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2017.10.041

## Direct oxidation of light olefins to produce oxygen containing $C_2-C_3$ compounds

ZHANG Xin-zhuang, WANG Yong-wei, ZHANG Shu-qin, ZHANG Wei\*

(Research Institute of Shaanxi Yanchang Petroleum (Group) Co., Ltd., Xi'an 710075, China)

**Abstract:** China's present situation of technology and industry of coal to olefins is analyzed, and the feasibility of producing oxygen containing  $C_2/C_3$  compounds from main light olefins (ethylene and propylene) by one-step oxidation is discussed. The main methanol to olefin technologies at home and abroad are compared from the aspects of process and technical indexes. Based on the present situation of production and consumption of ethylene and propylene, the potential risks in the future development of China's coal to olefins industry are predicted. This paper thinks that the production of low carbon oxygen containing compounds is an effective way to consume excess olefins and enhance the competitiveness of the coal to olefins industry, and introduces emphatically the technical status of direct oxidation of ethylene to make acetaldehyde, acetic acid and ethylene oxide, and direct oxidation of propylene to make acrolein and propylene oxide. The proposal can help to extend the coal to olefins industrial chain, enrich coal chemical product families and promote efficient, clean and high value utilization of coal, which is in line with the characteristics of China's energy structure, and is of great significance for economic development, people's living and environmental protection.

**Key words:** oxygen containing compounds; coal chemical industry; ethylene; propylene; catalytic oxidation; methanol to olefins

我国煤炭资源相对丰富,适度发展煤化工,实现主要石油化工产品的煤化工生产部分替代,对优化我国一次能源利用结构、增强能源供应抗风险能力有着重要的现实意义。以乙烯和丙烯为代表的低碳烯烃是重要的基本有机化工原料,下游需求量大,但长期以来主要采用石油化工路线进行生产,加工路线少且受制于原油供应,不符合我国的能源结构特点。借助于现代煤化工的煤气化及合成气制甲醇技术,甲醇制烯烃路线应运而生,成为煤炭高效、清洁、高值化利用的重要途径之一。

目前的低碳烯烃产品主要是聚合物,如聚乙烯(PE)和聚丙烯(PP),缺乏深加工和多样化拓展,导致产品价格受油价影响较大,抗风险能力不足。低碳含氧化合物种类繁多,包括醇、醛、酮、醚、有机酸、环氧化合物以及杂原子取代化合物

等,作为重要的有机化工产品 and 合成原料,其应用广泛且有成熟的烯烃氧化制备路线,是促进煤化工发展、提升煤制烯烃产业效益与风险抵抗能力的潜在深加工产品。

### 1 甲醇制烯烃

煤制烯烃工艺主要由煤气化制合成气、合成气制甲醇和甲醇制烯烃 3 部分组成,核心是甲醇制烯烃技术,依据主要产品差异,包括甲醇制乙烯/丙烯(MTO)、甲醇制丙烯(MTP)和甲醇制丁烯联产丙烯(CMTX)3种技术<sup>[1]</sup>。其中,典型的甲醇制烯烃技术有UOP/NORSK Hydro MTO技术、中科院大化所DMTO(I/II)技术、中石化SMT0技术、Lurgi MTP技术和清华大学FMT0技术,主要的工艺和技术指标见表1<sup>[2-4]</sup>。

收稿日期:2017-03-17;修回日期:2017-08-01

作者简介:张新庄(1985-),男,硕士,工程师,研究方向为能源化工工艺,zxzunm@163.com;张伟(1966-),男,博士,教授级高级工程师,研究方向为能源化工,通讯联系人,yesy\_zw@163.com。

表 1 主要甲醇制烯烃技术的工艺和技术指标

| 项目       | 甲醇制乙烯/丙烯                 |  |                            | 甲醇制丙烯        |                         |
|----------|--------------------------|--|----------------------------|--------------|-------------------------|
|          | MTO                      | DMTO-I (II)                              | SMT0                       | MTP          | FMT0                    |
| 专利商      | UOP-NORSK Hydro          | DICP-LPEC-SYN                            | Sinopec Group              | Lurgi        | Tsinghua-CNCEGC         |
| 原料       | 甲醇                       | 甲醇/二甲醚                                   | 甲醇                         | 甲醇           | 甲醇                      |
| 反应器      | 流化床                      | 流化床                                      | 流化床                        | 固定床          | 流化床+下行床分区               |
| 催化剂      | SAPO-34 分子筛<br>(MTO-100) | SAPO-34 分子筛(D0123/<br>D0300/D803C-II 01) | Zn-SAPO-34 分子筛<br>(SMT0-1) | 改性 ZSM-5 催化剂 | SAPO-18/34 交生相<br>混晶分子筛 |
| 反应温度/℃   | 400~500                  | 400~500                                  | 425~505                    | 420~490      | 400~500                 |
| 反应压力/MPa | 0.1~0.3                  | 0.1~0.3                                  | 0.04~0.25                  | 0.13~0.16    | 0.1~0.12                |
| 甲醇转化率/%  | ~100                     | ≥99.8(99.97)                             | ≥99.8                      | ≥99          | ~100                    |
| 主要产品     | 乙烯+丙烯                    | 乙烯+丙烯                                    | 乙烯+丙烯                      | 丙烯           | 丙烯                      |
| 选择性/%    | ≥80                      | ≥78.71(85.68)                            | ≥80.0                      | 72           | ≥80.0                   |
| 收率/%     | 76~79                    | 78~80(85.65)                             | 78.24                      | 65~71        | 70~80                   |

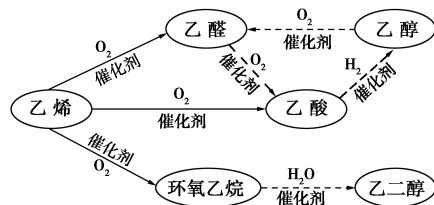
注: DICP 为中国科学院大连化学物理研究所; LPEC 为中国石化集团洛阳石油化工工程公司; SYN 为新兴能源科技有限责任公司; Sinopec Group 为中国石油化工集团公司; Tsinghua 为清华大学; CNCEGC 为中国化学工程集团公司。

近年,国内企业又自主开发成功了甲醇制丁烯联产丙烯流化床工艺及其专用催化剂和催化剂低温再生工艺,使得甲醇制烯烃的产品更加多样化,将有益于国内煤制烯烃产业的快速和灵活发展<sup>[5]</sup>。

“十二五”期间,我国乙烯/丙烯的生产和消费均稳步增长,但下游需求旺盛,至 2015 年当量消费仍存在 30% 左右的缺口。随着众多煤制烯烃、甲醇制烯烃和丙烷脱氢(PDH)项目相继投产,预计“十三五”末我国乙烯/丙烯市场将出现过剩<sup>[6]</sup>。目前,我国在建和拟建的煤制烯烃项目较多,但其产业发展面临诸多风险,如综合能效指标能否优化达标、煤炭与原油价差是否在盈利区间、征收碳税所增加的成本如何消解以及行业内同质产品的竞争加剧,未来可能存在诸多变数<sup>[7]</sup>。为了消化已建和在建的煤制烯烃产能,降低单一产品过剩风险,需要改善现有项目的产品结构,增加产品种类和附加值,以开拓新的消费市场,增强煤制烯烃产业抵御潜在市场风险的能力。

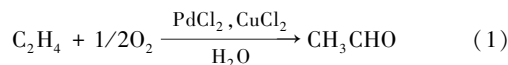
## 2 乙烯直接氧化制 C<sub>2</sub> 含氧化合物

乙烯直接氧化可以生产乙醛、乙酸和环氧乙烷 3 种 C<sub>2</sub> 含氧化合物,进一步又可转化为乙醇和乙二醇 2 种 C<sub>2</sub> 含氧化合物(图 1),其中乙醛和环氧乙烷的主流生产工艺都是以乙烯作为原料,而乙烯直接氧化制乙酸虽不是主流工艺,但也有成熟的工业化生产装置。

图 1 乙烯生产 C<sub>2</sub> 含氧化合物示意图

### 2.1 乙烯直接氧化制乙醛

乙醛是一种重要的有机化工中间体,可用于生产醋酸(酯)、季戊四醇、巴豆醛、吡啶类化合物等,在农药、医药、食品和饲料添加剂等方面应用广泛。目前,乙烯直接氧化生产乙醛是国际主流,国内大型乙醛生产装置也多采用此工艺<sup>[8]</sup>。在 PdCl<sub>2</sub>-CuCl<sub>2</sub>-HCl 水溶液的催化下,乙烯和氧气可一步合成乙醛<sup>[9]</sup>:



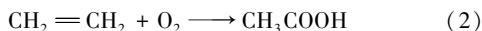
原料乙烯和氧气进入反应器后以鼓泡方式通过催化剂液层,在 125~135℃、0.41~0.46 MPa 下催化反应生成乙醛,以乙烯计的乙醛理论收率为 98%,在实际生产中乙醛收率略低<sup>[10]</sup>。

### 2.2 乙烯直接氧化制乙酸

乙酸是重要的有机化工原料和产品。目前,工业上主要采用甲醇羰基化法生产乙酸,即“煤→合成气→甲醇→乙酸”路线,而乙烯直接氧化制乙酸工艺仅有 1 套工业化装置,即日本昭和电工的

130 kt/a 乙酸装置,但该工艺建设费用低、工艺简单、废物排放少,且规模可根据市场需求在 50~200 kt/a 灵活选择,有可能成为国内现有乙烯-乙醛法乙酸装置技术改造和特定地区环境下生产乙酸的可选技术之一<sup>[11]</sup>。

在 Pd-杂多酸催化剂上,乙烯可气相一步氧化生成乙酸,同时副产乙醛、CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O:



该技术的关键在于特殊的催化剂体系,除活性组分 Pd 和杂多酸(盐)外,还添加有第三活性组分(B 族金属)。反应以乙烯、O<sub>2</sub>、水蒸汽和 N<sub>2</sub> 为起始进料,在 150~160℃、0.9 MPa 下,于固定床反应器中生成乙酸,乙烯单程转化率为 7.4%,产品乙酸、乙醛和 CO<sub>2</sub> 的选择性分别为 86.4%、8.1% 和 5.1%<sup>[12]</sup>。

### 2.3 乙烯直接氧化制环氧乙烷

环氧乙烷是重要的乙烯下游衍生物,主要用于生产乙二醇、非离子表面活性剂、乙醇胺、乙二醇醚、聚醚多元醇等化学品,下游开发前景十分广阔。乙烯直接氧化法是目前工业上生产环氧乙烷最主要的方法,技术垄断性极强,基本由 Shell、SD 和 Dow 3 家公司掌握,国内中国石化北京化工研究院燕山分院(简称燕山分院)在自主研发上处于领先<sup>[13]</sup>。

该技术的核心在于唯一有效的银催化剂的性能(表 2),因此对银催化剂改进的研究较多,而工艺上主要围绕催化剂开车方法、环氧乙烷吸收/解吸、乙醛回收和产品精制等方面进行改善,另外在反应器结构和加工技术上也有相关研究<sup>[13-16]</sup>。

表 2 乙烯环氧化 Ag 催化剂的主要性能

| 项目  | Shell/CRI  | SD     | Dow            | 燕山分院    |
|---|------------|--------|----------------|---------|
| 主要成分  | Ag-Re-Cs-S | Ag-Cs  | Ag-I A 族元素-S/F | Ag-碱金属  |
| 型号/系列                                       | S-8XX 系列   | S-400X | M-200          | YS 系列   |
| 初期选择性/%                                     | 85~90      | 89~90  | 87.5~91        | 83~88.8 |
| 初期反应温度/℃                                    | 235~245    | —      | 224~255        | 231~237 |
| 时空产率/(kg·h <sup>-1</sup> ·m <sup>-3</sup> ) | 145        | <200   | 180            | 170~213 |
| 使用寿命/a                                      | 2~3        | 3      | 3              | >1.5    |

## 3 丙烯直接氧化制 C<sub>3</sub> 含氧化合物

丙烯直接氧化可以生产丙酮、丙醛、丙烯醛、1,2-丙二醇和环氧丙烷 5 种 C<sub>3</sub> 含氧化合物,进一步

又可转化为丙酸、丙烯酸、异丙醇、1,3-丙二醇和烯丙醇等 C<sub>3</sub> 含氧化合物(图 2)。其中,丙烯醛目前主要采取丙烯直接氧化法进行工业生产;丙烯与 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 直接氧化是未来生产环氧丙烷的主流工艺;在 CuCl<sub>2</sub>、PbCl<sub>2</sub> 催化作用下,丙烯经空气氧化可生成丙酮,同时副产丙醛,但该方法仅在日本有工业应用,且因腐蚀和生产成本问题已经关闭;丙烯与 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 经催化反应可生成 1,2-丙二醇。

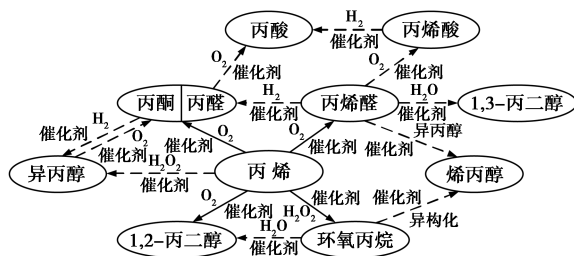
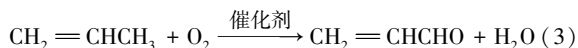


图 2 丙烯生产 C<sub>3</sub> 含氧化合物示意图

### 3.1 丙烯直接氧化制丙烯醛

丙烯醛是一种重要的化工中间体,可用于合成蛋氨酸、甲基吡啶、戊二醛和丙烯酸等(生物)化工产品及其衍生物,也可作为某些聚合物的改性试剂,在饲料、油气开采、造纸及水处理、医药等行业应用广泛。目前,工业上丙烯直接催化氧化生产丙烯醛既可作为单独工艺,又可作为丙烯两步氧化生产丙烯酸的首步反应<sup>[17]</sup>,其主反应如下:



原料丙烯、空气和水蒸汽按一定比例混合、预热后,在 290~380℃、200~300 kPa 及 Mo-Bi 系催化剂作用下发生催化氧化反应,生成丙烯醛及副产物(乙酸、乙醛、CO<sub>2</sub> 和丙烯酸等)并放出大量反应热。目前,以 Mo-Bi 元素为主的复合金属氧化物是该技术的主导催化剂,主要专利催化剂的性能见表 3<sup>[17-21]</sup>。

### 3.2 丙烯直接氧化制环氧丙烷

环氧丙烷(PO)是一种基本有机化工合成原料,主要用于生产聚醚多元醇、聚氨酯、丙二醇及醚、非离子表面活性剂等多种产品。丙烯过氧化氢直接氧化(HPPO)法是生产环氧丙烷的绿色新工艺,目前工业上投产装置不多,国内产能占比远低于传统的氯醇法,也不及共氧化法的联产产能,但针对该法的研究较多,相信随着催化剂、生产工艺和装置水平的不断提高,其必将成为环氧丙烷的主流生产方法<sup>[22]</sup>。该法的主反应如下:

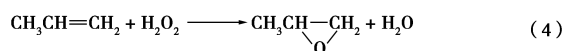


表3 丙烯直接氧化制丙烯醛主流催化剂的性能

| 专利商                    | 催化剂  | 丙烯转化率/%   | 丙烯醛选择性/%                 | 丙烯醛收率/%       |
|------------------------|--|-----------|--------------------------|---------------|
| 美国 BP(Sohio 法)         | Mo-Bi 系(如 Mo <sub>12</sub> Co <sub>7</sub> Fe <sub>2.94</sub> Bi <sub>0.6</sub> Si <sub>1.52</sub> K <sub>0.08</sub> O <sub>x</sub> )  | 93.5      | 96.9*                    | >90           |
| 德国 BASF                | Mo-Bi 系或 Mo-Co 系(如 [Bi <sub>2</sub> W <sub>2</sub> O <sub>9.2</sub> WO <sub>3</sub> ] <sub>0.5</sub> [Mo <sub>12</sub> Co <sub>5.5</sub> Fe <sub>2.94</sub> Si <sub>1.59</sub> K <sub>0.08</sub> O <sub>x</sub> ] <sub>1</sub> )   | 94.5~95.0 | 96.9*~98.1*              | 80<br>>90*    |
| 日本触媒(NSKK)             | Mo-Bi 系渗入 Co(如 Mo <sub>12</sub> Bi <sub>1.8</sub> Co <sub>7</sub> Fe <sub>2</sub> Ni <sub>1.5</sub> K <sub>0.07</sub> 、Mo <sub>12</sub> Bi <sub>2</sub> Co <sub>7</sub> Fe <sub>1.5</sub> K <sub>0.07</sub> 、Mo <sub>12</sub> W <sub>0.2</sub> Bi <sub>1.7</sub> Fe <sub>1.5</sub> Co <sub>4</sub> Ni <sub>3</sub> K <sub>0.08</sub> Si <sub>1.0</sub> ) | 98.5      | 94.4*~95.1*              | 89.2<br>93.0* |
| 日本三菱油化(MPCL)           | Mo-Bi 系(如 MA-F89)  |           |                          | >87           |
| 日本三菱化学(MCC)            | Mo-Bi-Fe+K/Rb/Cs/Ti  | 98.7      | 94*                      | 92.8*         |
| 日本化药                   | Mo-Bi 系(含 Ni、Co、Fe 等)  | 97.5      |                          |               |
| LG 化学公司                | Mo <sub>12</sub> BiFeCo <sub>44</sub> K <sub>0.036</sub> +10%萘   | 96.3~98.5 | 79.2<br>96.4*            | 92.8*         |
| 中石油石油化工研究院兰州<br>化工研究中心 | Mo-Bi 系(如 LY-A-8801、LY-A-9601、LY-A-9602、<br>Mo <sub>12</sub> Bi <sub>0.5-4</sub> Fe <sub>0-8</sub> W <sub>0-4</sub> X <sub>1-8</sub> X <sub>2</sub> <sub>0.05-3</sub> X <sub>3</sub> <sub>0-4</sub> X <sub>4</sub> <sub>0-16</sub> )   | 95.0~98.8 | 79.0~81.0<br>90.8*~92.8* | >79<br>93.2*  |
| 合肥海力科技开发有限公司           | Mo-Bi 系(含 K 和 Cs)  | 97.1~97.6 |                          | 82.6~85.7     |

注: X<sub>1</sub> 为 Co 或 Ni, X<sub>2</sub> 为碱金属或碱土金属, X<sub>3</sub> 为 Zn、P、As 或 B, X<sub>4</sub> 为 Si、Al 或 Ti; 数字后“\*”号代表该值为丙烯醛和丙烯酸合计。

副反应主要生成 1,2-丙二醇、H<sub>2</sub>O 和 O<sub>2</sub> 等物质。目前,国外的赢创工业集团-伍德公司(Degussa-Uhde)、陶氏化学-巴斯夫公司(Dow-BASF)、东京大学-日本触媒公司、日本住友化学公司

(Sumitomo)以及国内的中国石化、华东理工大学、大连理工大学和中科院大化所等都有相关的 HPPO 专利技术,其催化剂、工艺及工业化情况见表 4<sup>[23-30]</sup>。

表4 丙烯直接氧化制环氧丙烷 HPPO 技术现状

| 专利商             | 催化剂   | 反应温度/°C | 反应压力/MPa  | H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 转化率/% | PO 选择性/% | 工业化进展                            |
|-----------------|---|---------|-----------|-------------------------------------|----------|----------------------------------|
| Degussa-Uhde    | TS-1(MFI 结构)和 TS-2(MEL 结构)  | 40~60   | 2.1~3.0   | >95                                 | >90      | 韩国 SKC 公司 10 万 t/a、神华吉林 30 万 t/a |
| Dow-BASF        | TS-1(MFI 结构)和 TS-2(MEL 结构)  | 40~70   | 0.1~0.3   | >99                                 | 94~95    | 比利时安特卫普 30 万 t/a、泰国马塔府 39 万 t/a  |
| 东京大学-日本<br>触媒公司 | 硅钨杂多酸季铵盐催化剂 (Bu <sub>4</sub> N) <sub>4</sub><br>[γ-SiW <sub>10</sub> O <sub>34</sub> (H <sub>2</sub> O) <sub>2</sub> ]                          | 32      |           | ≥99                                 | ≥99      | 仅专利报道                            |
| Sumitomo        | MWW 型钛硅分子筛(Ti-MWW)  |         |           |                                     | >99      | 日本千叶 20 万 t/a、韩国 S-Oil 公司待建      |
| 中国石化            | HPO-1 空心钛硅分子筛   | 30~70   | 0.5~2.0   | 96~99                               | 96~98    | 0.1 万 t/a 中试<br>长岭炼化 10 万 t/a    |
| 华东理工大学          | 添加络合剂的 TS-1 分子筛   | 55~60   | 0.5~0.7   | 90~96                               | 90~98    | 天津大沽 0.15 万 t/a 中试               |
| 大连理工大学          | 自制廉价 TS-1   | 40~55   | 0.3~3.0   | 98                                  | >95      | 单管试验                             |
| 中科院大化所          | 磷钨杂多酸季铵盐催化剂 [π-C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> NC <sub>16</sub> H <sub>33</sub> ] <sub>3</sub> [PO <sub>4</sub> (WO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ] | 40~160  | 0.25~10.0 | >89                                 | 94~97    | 已通过技术鉴定,有望工业化                    |

## 4 结语

煤炭在我国一次能源结构中占据重要位置,充分利用煤炭资源来发展国民经济是必然选择,而我国又承担着碳减排及污染物控制的国际义务,加之近年来国内频繁和多地域出现的雾霾天气,使得煤炭清洁化利用迫在眉睫。在政策层面上,国家鼓励

发展新型煤化工,积极推进煤炭高效、清洁和高值化利用;在技术层面上,拥有自主知识产权的煤气化、甲醇合成及甲醇制烯烃技术取得重大突破,使得我国煤制烯烃产业的理论和实践水平不断提高;在消费层面上,经济和物质需求的稳步增长,保证了煤制烯烃产品供需两旺。在市场供需缺口及利润的驱使下,国内近年规划了众多的煤制烯烃项目,但随着烯

烃产品市场逐步饱和以及国际油价长期低位运行,未来我国煤制烯烃产业将面临严峻挑战。延伸煤制烯烃产业链,发展用途丰富的低碳含氧化合物,对优化煤化工产品结构、提高煤化工产品附加值、增强煤化工产业抗风险能力都有着重要的现实意义。

### 参考文献

[1] 朱伟平,李飞,薛云鹏,等.甲醇制烯烃工艺技术研究进展[J].天然气化工:C<sub>1</sub>化学与化工,2013,38(4):90-94.

[2] 袁学民,孙世谦,张蒙,等.国内甲醇制烯烃技术最新进展[J].现代化工,2012,32(12):29-31.

[3] 吴德荣,何琨.MTO与MTP工艺技术和工业应用的进展[J].石油化工,2015,44(1):1-10.

[4] 陈丽.我国MTO/MTP生产技术的进展[J].石油化工,2015,44(8):1024-1027.

[5] 陈洋,孙骋.煤制烯烃的研究进展[J].杭州化工,2016,46(1):5-7.

[6] 杨亮亮.丙烯市场2015年回顾及2016年展望[J].当代石油石化,2016,24(4):25-27.

[7] 李汉初.我国煤制烯烃生产及市场现状[J].中国石油和化工经济分析,2014,(5):59-62.

[8] 郭双龙.乙醛生产技术进展及市场分析[J].精细与专用化学品,2014,22(12):31-36.

[9] 施立才.乙烯一步氧化制乙醛反应系统数学模型的探讨[J].石油化工,1981,10(12):807-817.

[10] 罗忠禹,王树清.乙炔氧化制乙醛反应系统的统计模型及最佳操作条件[J].吉林化工学院学报,1986,3(4):34-41.

[11] 张丽平.乙酸生产技术研究进展及市场分析[J].石油化工技术与经济,2016,32(1):23-28.

[12] 周邦荣.昭和电工醋酸生产新工艺[J].石油化工动态,1998,6(4):47-51.

[13] 刘宗语.环氧乙烷/乙二醇生产技术进展[J].化工进展,2013,32(6):1214-1218.

[14] 陈建设,王淑娟,李金兵,等.环氧乙烷银催化剂的研究进展[J].石油化工,2015,44(7):893-899.

[15] 李胜利,曹志涛,张晓琳.乙炔氧化制环氧乙烷催化剂的技术进展[J].化学工业与工程技术,2013,34(3):7-13.

[16] 王丽娟.主要石油化工催化剂的研发进展[J].石油化工,2012,41(6):719-727.

[17] 杨学萍.国内外丙烯酸及酯生产技术进展及市场分析[J].石油化工技术与经济,2015,31(5):24-28.

[18] 胡靖,殷恒波.丙烯酸市场状况及其生产技术状况[J].乙醛醋酸化工,2016,(4):4-11.

[19] 汪劲松,张剑,苏东风.工业丙烯酸催化剂研究进展 I.丙烯醛催化剂[J].工业催化,2013,21(6):5-10.

[20] 徐蕾.丙烯酸生产技术的发展及市场分析[J].上海化工,2014,39(6):27-31.

[21] 景志刚,王学丽,南洋,等.丙烯酸生产工艺发展趋势[J].当代化工,2008,37(3):312-315.

[22] 李玉芳,伍小明.我国环氧丙烷的市场分析[J].精细与专用化学品,2016,24(4):14-17.

[23] 薛金召,牛小娟,汪希领,等.国内环氧丙烷市场分析及技术进展[J].化工进展,2015,34(9):3500-3506.

[24] 李奕川,沈本贤,肖卫国,等.千吨级丙烯直接环氧化制环氧丙烷工业试验[J].石油炼制与化工,2013,44(4):8-12.

[25] 于剑昆.Degussa-Uhde公司的HPPO工艺介绍[J].化学推进剂与高分子材料,2009,7(2):15-22.

[26] 于剑昆,李中,刘青炜.BASF-Dow公司HPPO工艺介绍[J].化学推进剂与高分子材料,2011,9(5):8-23.

[27] 左轶,刘民,郭新闻.钛硅分子筛的合成及其催化氧化反应研究进展[J].石油学报:石油加工,2015,31(2):343-359.

[28] 史春风,朱斌,林民,等.过氧化氢环氧化丙烯制环氧丙烷的研究新进展[J].现代化工,2007,27(9):17-21.

[29] 晓铭.过氧化氢氧化法制备环氧丙烷的技术进展[J].乙醛醋酸化工,2016,(10):18-21.

[30] 刘波,张晓莉,赵丽,等.环氧丙烷生产工艺的发展现状[J].当代化工,2016,45(2):336-338. ■

## 我国已启动传统能源车停产停售时间表研究

工信部副部长辛国斌在9月9日天津开发区举办的2017中国汽车产业发展(泰达)国际论坛上表示,当前全球汽车产业正加速向智能化、电动化的方向转变,为抢占新一轮制高点,把握产业发展趋势和机遇,我国已启动传统能源车停产停售时间表研究。

进入新世纪以来,我国汽车产业实现快速发展。2016年产销量突破2800万辆,已连续八年位居世界第一位。汽车市场在国民经济支柱中的作用不断增强,汽车税收占全国税收比重、从业人员数占全国就业人员数比重、汽车销售额占全国商品零售总额的比重均超过10%。尤其在新能源汽车领域,我国已成为最大的生产和销售市场。

辛国斌表示,当前许多国家纷纷调整发展战略,在新

能源、智能网联产业加快产业布局,抢占新一轮制高点,一些国家已经制订了停止生产、销售传统能源汽车的时间表。“目前工信部也启动了相关研究,也将会同相关部门制订我国的时间表,这些举措必将推动我国汽车产业发展的环境和动力发生深刻变化。”他说。

从现在到2025年将是汽车产业变革最为剧烈的几年。传统汽车节能减排要求越来越高,新能源汽车发展加快对技术要求越来越高,智能网联汽车将对整个产业带来巨大影响。辛国斌及专家建议,中国车企应深刻认识这种趋势,及时调整战略,明确发展规划,适应新形势的挑战,助力我国从汽车大国向汽车强国的转变。

(中化新网)