

羧酸气相催化酮化合成研究进展

宁朋歌, 曹宏斌, 张 懿

(1. 中国科学院过程工程研究所绿色过程与工程院重点实验室, 北京 100080;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要:介绍了羧酸气相催化酮化合成酮的反应过程,以反应所涉及的关键影响因素如催化剂、反应物和反应温度等为对象,系统综述了羧酸气相催化酮化反应的国内外研究进展,对反应机理的研究成果进行了归纳,并指出了将该反应予以推广的必要性,探讨了该反应未来的发展方向。

关键词:羧酸;催化酮化;合成;酮

中图分类号:TQ216

文献标识码:A

文章编号:0253-4320(2008)09-0022-05

Progress in ketonization of carboxylic acid vapor over catalysts

NING Peng-ge, CAO Hong-bin, ZHANG Yi

(1. Key Laboratory of Green Process and Engineering, Institute of Process Engineering, Chinese Academy of Sciences,

Beijing 100080, China; 2. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: In this paper, the process for catalytic ketonization of carboxylic acid vapor over catalysts to produce ketones is described. Its progress at home and abroad is summarized systematically, including the key influencing factors such as catalysts, reactants and reaction temperature, and reaction mechanism. The study fruits for its mechanism are summarized, and the development trend is also discussed. Finally, it is pointed out that it is necessary to popularize this method.

Key words: carboxylic acid; catalytic ketonization; synthesis; ketones

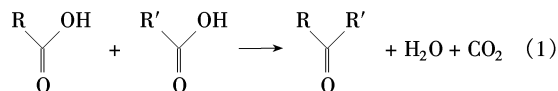
酮是一类重要有机化工产品,广泛用于合成染料、医药、油漆、香料、农药等领域,多数酮都是良好的有机溶剂。合成酮类的原料很多,可以是醇^[1]、酯^[2]、羧酸^[3]以及烃类^[4]等。酮化反应是合成酮的一种重要途径,起源于生物学过程^[5],可有效利用废工业脂肪酸、木材制品以及天然油等,反应通过催化^[6-7]、光解^[8-9]、高温分解^[10]等方式进行。羧酸气相催化酮化^[6]反应条件简单、经济,并且在无溶剂条件下进行,可制备多种类型的酮,因而优于热解和光解2种方式。

羧酸直接气相催化合成酮是 Squibb^[11]于1895年提出,但是近40年来,研究者才对该工艺重视起来。目前,波兰、美国、日本、埃及、德国等国家对该工艺的研究较多;国内在此方面的研究起步于20世纪90年代,吉化化肥厂^[12-14]、中国石化北京化工研究院、黑龙江石油化工研究院^[15]等单位对羧酸直接酮化合成3-甲基丁酮进行了不同程度的研究,其中吉化化肥厂还进行了中试实验^[16],建成了千吨级的生产装置,但存在的问题较多,其他羧酸直接酮化合

成酮的鲜见报道。鉴于此,本文对羧酸直接气相催化酮化合成酮的技术进展进行了综述。

1 反应简介

羧酸在固体氧化物催化剂上直接气相催化酮化合成酮是一个非常巨大的进步^[17],可以合成对称脂肪酮、非对称脂肪酮、芳香酮、环烷酮等,负载的催化剂预先装到反应炉中,原料经气化后连续进料送入反应器,在反应过程中为了减少副反应的发生,可通入氮气、氩气、水蒸气等气体进行保护。反应时2个羧酸分子脱去1个羰基酮化生成1个酮分子,同时生成二氧化碳和水,反应过程可表示如式(1)^[18]:



在反应(1)中,若RCOOH和R'COOH是2个相同的酸分子,通过同型酮化只生成一种对称结构的产物酮,否则2个羧酸分子可通过交叉酮化或者同型酮化共生成3种不同的酮,其中2种为对称酮,1种为非对称酮。由此可知,如果适当控制反应条件,

收稿日期:2008-05-06

基金项目:国家高技术研究发展计划("863"计划)资助项目(2006AA06Z369)

作者简介:宁朋歌(1981-),女,博士生;曹宏斌(1971-),男,博士,副研究员,主要从事环境生物化工、重金属资源化回收利用研究,通讯联系人,hbcao@home.ipe.ac.cn。

可以使反应以较高的选择性生成目标产物。

2 催化剂

众多研究工作表明,催化剂对酮化反应速率和选择性影响很大;尤其是以2种不同的酸作原料、以非对称酮为目标产物时,催化剂的选择至关重要。近年来对于酮化反应的研究主要集中在催化剂的选用上。催化剂大多以氧化铝为载体,以过渡金属氧化物为活性组分,利用过量浸渍法从过渡金属的盐溶液向载体负载活性组分,再经干燥、灼烧制得催化剂。在合适条件下催化活性很高,转化率可高达100%^[19-20],并且催化剂寿命长,能够高效连续反应^[21],催化剂的再生也比较简单,在空气气氛、500℃条件下,直接在炉内灼烧8h催化剂活性即可恢复^[22]。

20世纪80年代以前,已经有许多氧化物被报道作为羧酸气相催化酮化的催化剂,如锌^[23]、铁^[24]、铬^[25-26]、镉^[27]、铍^[28]等金属氧化物作为该反应的催化剂都表现出了一定的优越性。后来,Rajadurai等^[29]综合了前人的研究结果,将锌、铬、铁等多种氧化物按摩尔比1:1:1的比例制得催化剂,发现温度对该反应具有很大影响,并对反应机理进行了初步探索。90年代后,Glinski等^[17]筛选了20余种金属氧化物,并对金属氧化物的载体也做了比较。他们分别选用了粒径为0.5~1.0mm的氧化铝、氧化硅、氧化钛微球为载体,以不同金属氧化物相应的硝酸盐作前驱体,并加入一定量高浓度的硝酸来阻止盐类的水解,浸渍一定时间后,将浸渍后的负载催化剂滤出,在393K温度下干燥12h,然后在723K温度下灼烧3h。经过对比大量的催化剂,发现以氧化铝为载体时,铈、锰2类氧化物催化剂的活性最高。对丙酸气相催化酮化合成3-戊酮的放大实验表明,以20%(质量分数,下同)MnO₂-Al₂O₃为催化剂,反应收率高达84%,以20%CeO₂-Al₂O₃为催化剂的反应可以获得82%的收率。由于锰、铁、锌、铝等金属氧化物都曾被用作催化剂的活性组分

来催化酮化羧酸,Parida等^[30]利用含有丰富过渡元素的天然沸石作为催化剂,试图进一步提高反应的收率。这种天然沸石的主要成分为锰、铁、硅、铝等元素的氧化物,其中还含有微量的铜、镍、锌、钴等氧化物。通过对成分不同的天然沸石的催化性能进行系统研究,发现随着沸石中氧化锰、碱金属氧化物、碱土金属氧化物含量的增多,催化剂活性越高,在375℃时乙酸可以以很高的选择性完全转化为酮,但是当羧酸的碳链增加时,催化活性有所下降。邓广金等^[31]制备了轻镧系-活性氧化铝催化剂,并采用不同方法对活化载体进行了处理;实验表明催化剂的初活性为乙酸转化率97.0%~99.7%,MIBK的选择性以乙酸计为38.0%~41.3%,以异丁酸计则大于66%。

3 反应物

早期,人们对羧酸气相催化酮化实验的研究多集中在乙酸的酮化反应上,但该反应众多的优点吸引着人们将它推广到更多的合成反应中。Glinski等^[32]研究发现,以氧化锰负载在氧化铝上催化酮化时,随着直链羧酸的碳链增长,酮的收率降低,2种羧酸的摩尔数不同时,所生成的3种酮的摩尔之比符合二项式定理,如:丙酸和戊酸的摩尔之比分别是3和2时,所生成的3-戊酮、3-庚酮、5-壬酮的摩尔比分别约等于9:6:1和4:4:1。有了这个规律作为指导,人们在合成酮的时候,就可以通过控制原料的比例,尽可能减少副反应的发生。另外,他们在近期发表的文章中指出^[33],当其他条件相同时,反应的转化率受参加缩合反应酸的结构影响很大。

Nagashima等^[18]对在同一催化剂上不同酸与丙酸的交叉酮化反应进行了较为系统的研究。研究发现,丙酸与直链羧酸的反应规律和丙酸与支链酸有很大差异:当丙酸与直链酸反应时,可以进行同质酮化和交叉酮化,生成2种对称酮和一种不对称酮,其中3-戊酮、非对称酮、另一种对称酮的摩尔之比为1:2:1;随着羧酸链长的增加,酸的转化率逐渐降低。以上结果说明羧酸碳链越长,羧酸的反应活性越低,

(上接第21页)

- [29] Wasan D T, Ginn M E, Shah D O E. Surfactant Science Series: Vol. 28 Surfactants in chemical/process engineering [M]. New York: Marcel Dekker, 1998:497-507.
- [30] Dunn R O, Scamehorn J F. Concentration polarization effects in the use of micellar-enhanced ultrafiltration to remove dissolved organic pollutants from wastewater[J]. Sep Sci & Tech, 1987, 22(2/3):763-789.
- [31] Byhlin H, Jonsson A S. Influence of adsorption and concentration polar-

ization on membrane performance during ultrafiltration of a non-ionic surfactant[J]. Desalination, 2002, 155:21-31.

- [32] Syamal M, De S, Bhattacharya P K. Phenol solubilization by cetylpyridinium chloride micelles in micellar-enhanced ultrafiltration[J]. Journal of Membrane Science, 1995, 137:99.
- [33] Sadaoul Z, Azoug C, Dharbit B, et al. Surfactants for separation processes: Enhanced-ultrafiltration[J]. Journal of Environmental Engineering, 1998, 8:695-700. ■

这与 Glinski 的观点一致。如果以同样摩尔数的丙酸和 2-甲基丙酸(支链酸)反应时,则生成的 3-戊酮、2-甲基-3-戊酮、2,4-二甲基-3-戊酮的比例为 1:1:0.1,相比较丙酸同直链酸的反应来说,交叉酮化难度加大,支链酸的同质酮化能力大大降低;丙酸与其他支链羧酸的反应存在相同问题,并且随着所引入的甲基数的增加,这种现象更加突出,说明直链羧酸比支链羧酸更易发生酮化反应。Pestman 等^[34]认为, α -H 在反应中起着至关重要的作用, Nagashima^[18]的实验结果也表明, β 位取代时,除 3-戊酮外,其他酮难以生成,这可能是因为位于 β 位的甲基影响了 α -H 与催化剂表面的接触和反应,这种 β 位甲基造成的空间位阻引起了羧酸反应活性的降低。

4 反应温度

大量研究结果表明,反应温度是影响酮化反应的重要因素。众多实验结果表明,在一定的温度区间内,控制其他条件可以得到良好的产品收率。温度过低,会使酸的转化率较低,当温度很低时,酸几乎不发生反应;但是温度过高,将会有大量副产物出现。这可能是由于温度低时,一方面低温不足以活化催化剂的活性中心,无法发生反应,另一方面,原料不能充分气化,很难在催化剂表面吸附;但反应过高时,又会引起酸、甚至酮的裂解,生成小分子酮,还会在催化剂表面积碳,影响催化活性,减少催化剂的寿命。

Parida^[30]在研究天然沸石催化一元脂肪酸时,发现温度低于 300℃时,实验采用的 7 种不同的沸石催化剂,羧酸转化量很少;在 300 ~ 330℃下,酸的转化率急剧上升,温度超过 350℃,有超过 50% 的酸发生反应;温度超过 375℃,乙酸基本转化完全。贲玉昌等^[15]研究甲基-异丙基酮合成时发现,反应温度超过 430℃时,反应的选择性急剧下降。Glinski 等^[32]的研究结果表明,在 425 ~ 450℃下,原料羧酸的转化率非常高,但同时伴随着许多副反应的发生,表面发生积碳反应,生成的酮中 C=C 部分异构化,导致反应的选择性下降。为了提高反应的选择性,选择良好的催化剂可以使反应在较低的温度条件下进行。Glinski 等^[32]比较了以氧化铝为载体,分别以锰和铈为活性组分的反应在转化率较高时的温度范围。实验发现,以锰为活性组分制备的催化剂活性较高,在 325℃羧酸转化率超过 80%;而以铈为活性组分的催化剂只有在 400℃时才能达到同样的反应

活性。另外,反应温度不同,反应机理也不同^[29],这将在下一部分给予论述。

5 反应机理

到目前为止,对于羧酸气相催化缩合制备酮的反应机理仍然没有统一的认识。研究者对反应机理的阐述大多只能解释某一特定体系的实验结果,对于其他体系则不一定适用。Rajadurai 等^[29]研究了乙酸在以铈、铬、铁等多种氧化物按摩尔比 1:1:1 的比例制备的催化剂上进行的缩合酮化,根据实验结果,Rajadurai 推测该反应机理和催化剂的电子性能有密切关系,而催化剂的这一性能又在很大程度上取决于反应温度。作者认为,以 400℃为分界线,反应按照 2 种不同的历程进行。在低于 400℃时,反应先生成羧酸盐,而后羧酸盐再反应生成酮,羧酸初始转化率的对数与温度的倒数之间满足阿伦尼乌斯(Arrhenius)方程,而高于这个温度时,羧酸的转化率却低于阿伦尼乌斯方程式所求得的结果;并且认为,在高温时反应是通过羧酸盐离子和带正电的酰基离子相互作用进行的。

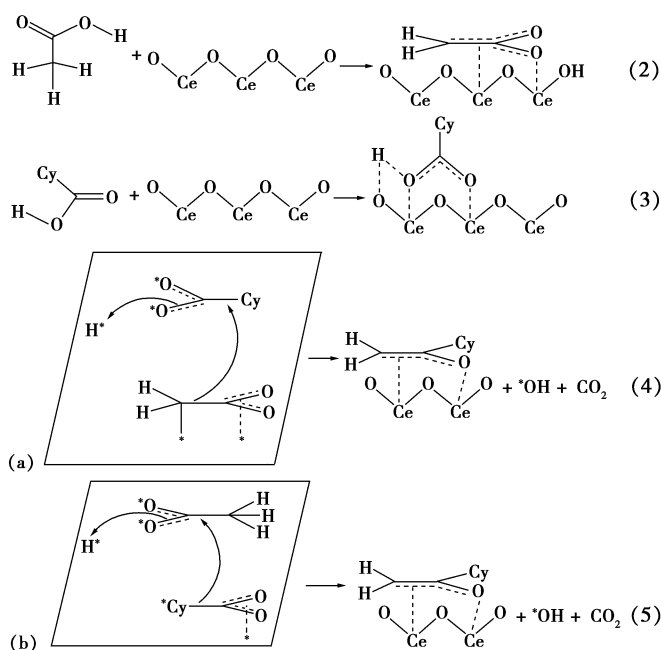


图 1 羧酸催化酮化的烯酮机理^[22]

Pestman 等^[34]对乙酸在不同氧化物催化剂上的催化酮化反应进行了研究,提出乙酸合成酮是通过 2 种不同的路径进行的。在晶格能比较低的氧化物上,首先生成大量的羧酸盐,然后羧酸盐再分解生成酮,这与 Rajadurai 认为 400℃以下的反应机理一致;在晶格能比较高的氧化物上,羧酸转化为酮的反应

发生在催化剂的表面,这样催化剂的大部分结构就没有参加反应,这种表面反应可能是通过某种中间产物生成酮,并且中间产物通过羧基或者酰基的 α -H与催化剂发生某种化学反应,推测这种中间产物很可能就是在暂时平衡过程中存在的相应的烯酮。Pestman^[35]和 Gonzalez^[36]也认为反应的关键步骤是催化剂表面的反应中间体(烯酮)与羧酸盐的耦合,并且将反应过程描述如图1^[22]所示。

Mekhmer等^[37]研究了乙酸在以氧化镁为活性组分的催化剂上的酮化反应,也认为反应是通过2种不同的途径进行的,但是这2种途径是重叠的,他推测这2种路径分别为热解和催化作用,并认为最初乙酸分子和氧化镁的结合一部分是吸附,另一部分是吸收,很可能被吸收的那部分乙酸和强碱性的氧化镁迅速生成大量的乙酸镁,并且在温度高于225℃很快又热分解生成酮、二氧化碳和水,这个过程中,尽管氧化镁有较高的晶格能,但反应仍能发生。这与Pestman认为的晶格能较低的部位才能发生热裂解的结论是相矛盾的。Mekhmer还认为,被吸附的那部分乙酸分子很活泼,当温度高于300℃时,便会酮化生成酮、二氧化碳和水,而且很可能这种活性来源于催化剂各个表面部位的协同作用。

综上,研究者对各个具体体系的反应机理进行了比较详细的研究,但说法不一,且没有较为系统的工作及结果报道,因此关于该反应的机理,仍然没有统一的认识,这方面的工作还有待进一步展开。

6 展望

(1)羧酸气相催化酮化合成酮反应简单,成本低,操作灵活,是一个有良好发展前景的反应,是合成各种酮中间体的有效方法。

(2)目前,我国酮的生产能力不大,加之国际产品在国内市场上的竞争,加快我国酮中间体的生产进程迫在眉睫。就3-甲基丁酮^[38]来讲,华东地区的需求量近1800 t/a、华南地区约300 t/a、其他地区400 t/a,国内总需求在2500 t/a左右。而我国3-甲基丁酮合计生产能力只有850 t/a,远远低于市场需求。

(3)该反应具有很大的灵活性,只需适当地改变反应条件即可获得理想的产品。例如,无需改变反应装置,只需调整或改变反应的原料,即可按照实际需求生产不同种类的酮,可灵活满足市场需求,因此有必要对羧酸气相催化酮化反应合成其他酮的影响因素及反应机理进行深入研究。

(4)目前制约该反应工业化进程的关键因素在于反应中所用的催化剂。制备高活性且寿命长的催化剂是保证工业化的前提。随着人们对催化剂研究的深入,更多过渡元素的化合物将被探索性地用作催化剂的活性组分,另外活性组分之间的组合与优配也将成为今后研究的热点。

(5)目前,对羧酸气相催化酮化反应的反应机理还没有一个比较明确的认识,仍然处于比较零散的研究状态,因此,对该反应机理的全面系统研究有必要进一步深入开展。

参考文献

- [1] Tesevic V, Gladysz J A. Oxidations of secondary alcohols to ketones using easily recyclable bis(trifluoroacetate) adducts of fluororous alkyl iodides, $CF_3(CF_2)_{n-1}I(OCOCF_3)_2$ [J]. *The Journal of Organic Chemistry*, 2006, 71(19): 7433 - 7440.
- [2] Glinska M, Szymanski W, Łomot D. Catalytic ketonization over oxide catalysts: X. Transformations of various alkyl heptanoates [J]. *Applied Catalysis A: General*, 2005, 281(1/2): 107 - 113.
- [3] Martinez R, Huff M C, Barteau M A. Synthesis of ketenes from carboxylic acids on functionalized silica monoliths at short contact times [J]. *Applied Catalysis A: General*, 2000, 200(1/2): 79 - 88.
- [4] Liu Yanyong, Murata K, Inaba M, *et al.* Selective oxidation of propylene to acetone by molecular oxygen over $M_{x/2}H_{5-x}[PMO_{10}V_2O_{40}]/HMS$ ($M = Cu^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}$) [J]. *Catalysis Communications*, 2003, 4(6): 281 - 285.
- [5] Fleming S M, Robertson T A, Langley G J, *et al.* Catalytic mechanism of a C-C hydrolase enzyme: Evidence for a gem-diol intermediate, not an acyl enzyme [J]. *Biochemistry*, 2000, 39(6): 1522 - 1531.
- [6] Hasan M A, Zaki M I, Pasupulety L. Oxide-catalyzed conversion of acetic acid into acetone: An FTIR spectroscopic investigation [J]. *Applied Catalysis A: General*, 2003, 243(1): 81 - 92.
- [7] Glinski M, Kaszubski M. Catalytic ketonization over oxide catalysts: Part IV. Cyclization of diethyl hexanoate [J]. *Reaction Kinetics and Catalysis Letters*, 2000, 70(2): 1588 - 2837.
- [8] Chiang Y, Jefferson E A, Kresge A J, *et al.* Flash photolytic investigation of 4-diazoisothiochroman-3-one in aqueous solution: Observation of a short-lived carboxylic acid enol [J]. *Journal of the American Chemical Society*, 1999, 121(49): 11330 - 11335.
- [9] Almstead J I K, Urwyler B, Wirz J. Flash photolysis of α -diazonaphthoquinones in aqueous solution: Determination of rates and equilibria for keto-enol tautomerization of 1-indene-3-carboxylic acid [J]. *Journal of the American Chemical Society*, 1994, 116(3): 954 - 960.
- [10] Sugiyama S, Sato K, Yamasaki S, *et al.* Ketones from carboxylic acids over supported magnesium oxide and related catalysts [J]. *Catalysis Letters*, 1992, 14(1): 127 - 133.
- [11] Squibb E R. Improvement in the manufacture of acetone [J]. *Journal of the American Chemical Society*, 1895, 17(3): 126 - 140.
- [12] 陈昂. 甲基丙基酮的合成 [J]. *化工科技*, 1994, 2(1): 26 - 34.

- [13] 邓广金, 焦立平, 董肇勇. 酸-酸法合成甲基异丙基酮催化剂的研究[J]. 化工科技, 2006, 14(3): 27-29.
- [14] 邓广金, 李正. 合成 3-甲基-2-丁酮的研究[J]. 石油化工, 2004, 33(z1): 1588-1590.
- [15] 贲玉昌, 王华, 郭伟玲, 等. 甲基异丙基酮的合成研究[J]. 化学与粘合, 1999(2): 76-79.
- [16] 陈昂. 甲基异丙基酮的中试[J]. 化工科技, 2002, 10(3): 20-23.
- [17] Gliniski M, Kijenski J, Jakubowski A. Ketones from monocarboxylic acids: Catalytic ketonization over oxide systems[J]. Applied Catalysis A: General, 1995, 128(2): 209-217.
- [18] Nagashima O, Sato S, Takahashi R, et al. Ketonization of carboxylic acids over CeO₂-based composite oxides[J]. Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, 2005, 227(1/2): 231-239.
- [19] Martinez R, Huff M C, Barteau M A. Ketonization of acetic acid on titania-functionalized silica monoliths[J]. Journal of Catalysis, 2004, 222(2): 404-409.
- [20] Huls A G. Method for preparing asymmetric aliphatic ketones: US, 5001273[P]. 1991-03-19.
- [21] Gliniski M, Kijenski J. Decarboxylative coupling of heptanoic acid. Manganese, cerium and zirconium oxides as catalysts[J]. Applied Catalysis A: General, 2000, 190(1/2): 87-91.
- [22] Travis S H, Dooley K M. Kinetics of catalyzed acid/acid and acid/aldehyde condensation reactions to non-symmetric ketones[J]. Catalysis Today, 2003, 85(2/3/4): 333-351.
- [23] Liberman A L, Vasina T V. Some improvements in the method for the ketonization of dicarboxylic acids[J]. Russian Chemical Bulletin, 1968, 17(3): 632-636.
- [24] Amoco Corporation. Preparation of dialkyl ketones from aliphatic carboxylic acids: US, 4754074[P]. 1988-06-28.
- [25] Kuriacose J C, Swaminathan R. Studies on the ketonization of acetic acid on chromia: I. The adsorbate-catalyst interaction[J]. Journal of Catalysis, 1969, 14(4): 348-354.
- [26] Swaminathan R, Kuriacose J C. Studies on the ketonization of acetic acid on chromia: II. The surface reaction[J]. Journal of Catalysis, 1970, 16(3): 357-362.
- [27] Yakerson V I, Lafer L I, Klyachko-Gurvich A L, et al. Catalytic ketonization of acetic acid over mixed catalysts ZrO₂-Al₂O₃[J]. Russian Chemical Bulletin, 1966, 15(1): 83-89.
- [28] Yakerson V I, Fedorovskaya E A, Klyachko-Gurvich A L, et al. Vapor-phase catalytic ketonization of acetic acid over quadrivalent-metal oxides and BeO[J]. Russian Chemical Bulletin, 1961, 10(8): 1527-1528.
- [29] Rajadurai S, Kuriacose J C. Catalytic activity of the 1:1:1 Zn, Cr and Fe mixed oxide: Mechanistic study of the ketonization of acetic acid[J]. Materials Chemistry and Physics, 1986, 16(1): 17-29.
- [30] Parida K M, Samal A, Das N N. Catalytic over ketonization of monocarboxylic acids Indian Ocean manganese nodules[J]. Applied Catalysis A: General, 1998, 166(1): 201-205.
- [31] 中国石油天然气股份有限公司. 一种 C₂-C₁₂脂肪酸酮化催化剂及其应用: 中国, 1765490A[P]. 2006-05-03.
- [32] Gliniski M, Kijenski J. Catalytic ketonization of carboxylic acids synthesis of saturated and unsaturated ketones[J]. Reaction Kinetics and Catalysis Letters, 2000, 69(1): 123-128.
- [33] Gliniskia M, Koziol A, Łomot D, et al. Catalytic ketonization over oxide catalysts: Part VIII. Selective reduction of carboxylic acids by formic acid[J]. Applied Catalysis A: General, 2007, 323: 77-85.
- [34] Pestman R, Koster R M, van Duijine A, et al. Reaction of carboxylic acids on oxides: 2. Bimolecular reaction of aliphatic acids to ketones[J]. Journal of Catalysis, 1997, 168(2): 265-272.
- [35] Pestman R, Koster R M, Pieterse J A Z, et al. Reactions of carboxylic acids on oxides: 1. Selective hydrogenation of acetic acid to acetaldehyde[J]. Journal of Catalysis, 1997, 168(2): 255-264.
- [36] Gonzalez F, Munuera G, Prieto J A. Mechanism of ketonization of acetic acid on anatase TiO₂ surfaces[J]. Journal of the Chemical Society, Faraday Transactions, 1978, 74(1): 1517-1529.
- [37] Mekhemer J A H, Halawy S A, Mohamed M A, et al. Ketonization of acetic acid vapour over polycrystalline magnesia: in situ Fourier transform infrared spectroscopy and kinetic studies[J]. Journal of Catalysis, 2005, 230(1): 109-122.
- [38] 赵磊. 加快我国 3-甲基丁酮国产化进程[J]. 精细化工原料及中间体, 2003(9): 31-32. ■

2008 亚洲物流展, 全面洞悉现代物流发展潮流

2008 年 10 月 27—30 日, 2008 亚洲国际物流技术与运输系统展览会(简称亚洲物流展)将在上海新国际博览中心隆重举行。本届展会预计吸引来自 25 个国家和地区的 380 家企业参展, 展出面积达 24 000 m²。作为物流领域的重要展会, 亚洲物流展紧跟物流行业发展趋势, 全面展示业内最新、最尖端的技术与产品。届时, 独立占据两个展馆的亚洲物流展将接待 60 000 多名专业观众前来参观并洽谈业务。

为揭示物流技术与装备行业最新研究动态, 本届展会同期举办的高层论坛和会议包括: “第六届物流技术与装备

国际学术会议”、“第二届物流装备技术创新论坛”、“烟草物流技术运用与设备选型研讨会”、“现代医药物流发展高层研讨会”、“中国冷链物流标准化管理暨投融资研讨会”、“2008 全国汽车物流年会暨汽车物流分会第二次会员大会”、“外高桥保税区物流产业经贸洽谈会”、“2008 RFID 国际高峰论坛”等, 这些论坛主题鲜明, 观点清晰, 得到了权威机构的大力支持, 将吸引物流及物流应用行业的众多专家学者出席, 并发表深度演讲和分析报告。(李娜)