

Overview on the Progress of Synthesis of N,N-Dialkylethanolamine

Ze Xu¹, Qi Zhang^{1,2}, Xiaoming Ye^{1,2}, Chao Qian¹, Xinzhi Chen^{1*}

¹College of Chemical Engineering and Bioengineering, Zhejiang University, Hangzhou Zhejiang

²Sichuan Zhijiang High-Tech Material Co., Ltd., Suining Sichuan

Email: xuzeinhe@163.com

Received: Mar. 2nd, 2017; accepted: Mar. 13rd, 2017; published: Mar. 22nd, 2017

Abstract

N,N-dialkylethanolamine is an important intermediate in fine chemical industries, especially in textile, pharmaceuticals, and agrochemicals. According to different starting material, the synthetic route can be divided into two categories: Hydroxyethylation of secondary amines and N-alkylation of ethanolamine. The characteristic features of each route are summarized in this paper systematically. And it is important for the optimization and development of synthetic process of N,N-dialkylethanolamine.

Keywords

N,N-Dialkylethanolamine, N-Alkylation, Hydroxyethylation

N,N-二烷基乙醇胺的合成工艺研究进展

徐 泽¹, 张 琪^{1,2}, 叶小明^{1,2}, 钱 超¹, 陈新志^{1*}

¹浙江大学化学工程与生物工程学院, 浙江 杭州

²四川之江高新材料股份有限公司, 四川 遂宁

Email: xuzeinhe@163.com

收稿日期: 2017年3月2日; 录用日期: 2017年3月13日; 发布日期: 2017年3月22日

摘 要

N,N-二烷基乙醇胺是一种重要的精细化工中间体, 在纺织、医药、农用化学品等方面具有广泛的应用。本文根据起始原料不同将其合成路线分为两大类, 即: 仲胺的羟乙基化和乙醇胺的N-烷基化, 并较系统

*通讯作者。

文章引用: 徐泽, 张琪, 叶小明, 钱超, 陈新志. N,N-二烷基乙醇胺的合成工艺研究进展[J]. 化学工程与技术, 2017, 7(2): 55-62. <https://doi.org/10.12677/hjct.2017.72009>

地归纳总结了各不同合成路线的特点,对N,N-二烷基乙醇胺的合成路线优化与生产工艺改进具有指导意义。

关键词

N,N-二烷基乙醇胺, N-烷基化, 羟乙基化

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

N,N-二烷基乙醇胺类化合物是重要的精细化工产品,广泛用于生产医药、涂料、表面活性剂等[1] [2],也可作为脱碳、脱硫剂[3]等使用。常用的品种有 N,N-二乙基乙醇胺、N,N-二丙基乙醇胺、N,N-二丁基乙醇胺等。近年来,关于它们的高效、清洁的合成工艺受到人们高度的重视。

N,N-二烷基乙醇胺类化合物合成方法可分为:仲胺的羟乙基化和乙醇胺的 N-烷基化两大类。由于 N,N-二烷基乙醇胺的合成研究工作进展总结并不多见,因此,本文分别对这两种常用的合成工艺及研究状况进行了分析总结。

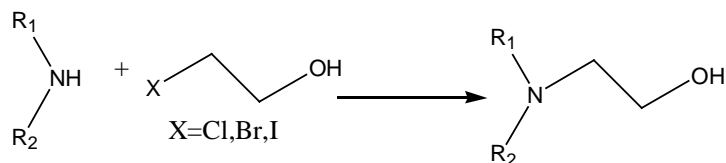
2. 合成方法

2.1. 仲胺羟乙基化法

以仲胺为母体,对其氨基进行烷基化,可制备 N,N-二烷基乙醇胺,根据所用的羟乙基化试剂的不同,分别总结如下。

2.1.1. 卤乙醇法

卤乙醇与仲胺反应可制备 N,N-二烷基乙醇,反应式如下:



早在 1943 年, Hartman [4] 就用氯乙醇与二甲胺反应制备 N,N-二烷基乙醇胺,收率达 60%~70%。氯乙醇是较廉价的羟乙基化试剂,当氯原子活性不足、反应温度太低时,可选溴乙醇或碘乙醇,但价格较高。

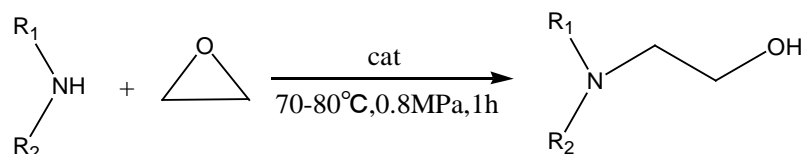
Zhao, Y.Q.等[5]以及 Prasad 等[6]分别以溴乙醇和碘乙醇为原料,在 90℃下,与苯胺反应 6 h 后得到 N-苯基乙醇胺,收率为 89%。而 Rad 等[7]以吡啶和溴乙醇为原料,在室温下,以 DMF 为溶剂,加入氢氧化钠反应 12 h 得到 88.7%产物的 N-(2-羟乙基)吡啶。

卤乙醇与仲胺反应的副产物为卤化氢[8],需要加入当量的碱作为缚酸剂除去,生成环境不友好的含盐废水。

2.1.2. 环氧乙烷法

环氧乙烷能与仲胺发生亲电加成反应生成 N,N-二烷基乙醇胺,该法具有步骤少、原子利用率高、产

物易分离、环境较友好等优点，适合工业化生产。反应式如下：



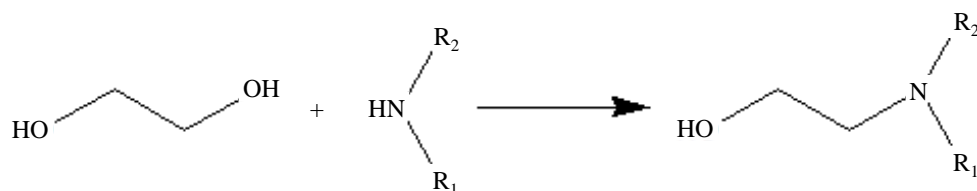
Headlee [9]以环氧乙烷与二甲胺为原料，在 100℃下，高压釜中反应 1 h 即可得到产物 N,N-二甲基乙醇胺，收率为 81%，少量水能促进此反应，但增加产物分离的难度。

陈爱民等[2]发明了一种 N-取代乙醇胺的催化合成方法：仲胺和环氧乙烷在金属杂原子改性的 MCM-41 分子筛介孔催化剂作用下，反应温度为 60℃~190℃、压力为 1~3.5 MPa 下反应 40~100 min，原料转化率达 90% 以上。

Melder 等[10]以水作为介质，在 90℃~160℃、5~70 bar 和 5~35 wt% 水，仲胺:环氧乙烷 = 1.2~10:1 条件下，N,N-二烷基乙醇胺收率达 80% 以上。

2.1.3. 乙二醇法

仲胺也能与乙二醇反应，生成产物 N,N-二烷基乙醇胺，反应式如下：



因乙二醇的活性较弱，此反应一般需要在金属催化剂作用和较高的反应温度下进行。乙二醇价格低廉，同时该反应的副产物仅为水，因此在原料成本与清洁生产方面有优势。

仲胺与乙二醇反应机理一般为“借氢机理”[11] (见图 1)。首先，醇羟基上氢被转移至金属催化剂 M 表面，同时醇转换为更为活泼的醛(步骤 a)；随后，醛与胺发生胺化脱水反应，生成亚胺中间体(步骤 b)；之后，亚胺中间体从负载了转移氢的金属催化剂 MH_2 上夺取活泼氢，被还原成饱和的目标产物，催化剂也得到再生(步骤 c)。许多金属催化剂已被证明可用于催化醇与胺的胺化反应，如钯[12]、铂[13]、铱[14]等过渡金属。

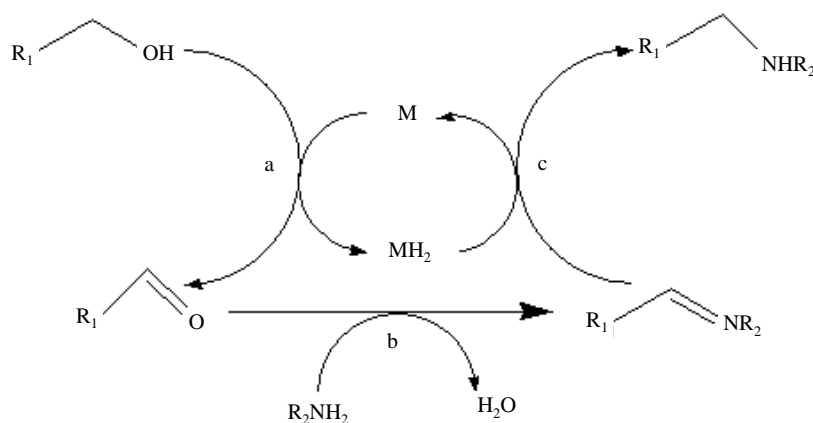
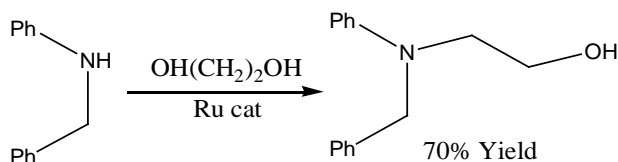


Figure 1. Borrowing hydrogen reactions

图 1. 借氢机理

Hamid 等[15]详细研究了钌催化下醇与胺的反应,发现钌催化剂对于催化伯胺、仲胺的 N-烷基化效果明显,当以乙醇胺和仲胺为原料时,产物收率为 70%。反应式如下:



Andrushko 等[16]制备了一种铱复合物催化剂,当反应温度为 100℃~120℃时,仲胺能与二醇反应,收率大于 96%,选择性达 99%以上。

Marsella [17]在研究仲胺与乙二醇反应时,制备了一种钌复合催化剂 $\text{RuCl}_2(\text{PPh}_3)_3$,并对反应条件进行了探究,发现在 100℃~120℃下,以 $\text{RuCl}_2(\text{PPh}_3)_3$ 为催化剂时,原料转化率近 100%,产物选择性在 79%~91%。

2.2. 乙醇胺的 N-烷基化

以乙醇胺为母体,经氨基的 N-烷基化合成目标产物。常用 N-烷基化方法总结如下。

2.2.1. 羰基的还原 N-烷基化

伯胺或仲胺可以与醛、酮发生还原胺化反应(见图 2)。还原胺化反应历程为[18]: 1) 醛、酮与胺发生加成反应生成氨基醇化合物; 2) 氨基醇化合物随后脱水形成亚胺中间体(希夫碱); 3) 亚胺通过加氢反应得到产物,反应关键步骤是亚胺中间体的生成。根据加氢步骤不同,又可分为(1)催化加氢烷基化和(2)化学还原烷基化(还原剂有金属氢化物、甲酸等)。

1) 催化加氢烷基化

催化加氢法是氢气在过渡金属等催化下还原亚胺中间体,使之转化为产物。

过渡金属催化剂催化加氢优点在于产物收率较高,且副产物仅为水。此法适合工业大规模生产,但缺点是金属催化剂价格较高,同时高压操作对设备要求较高。有时,当原料含有如碳碳双键、氰基等不饱和键时,也会被还原,导致选择性降低。

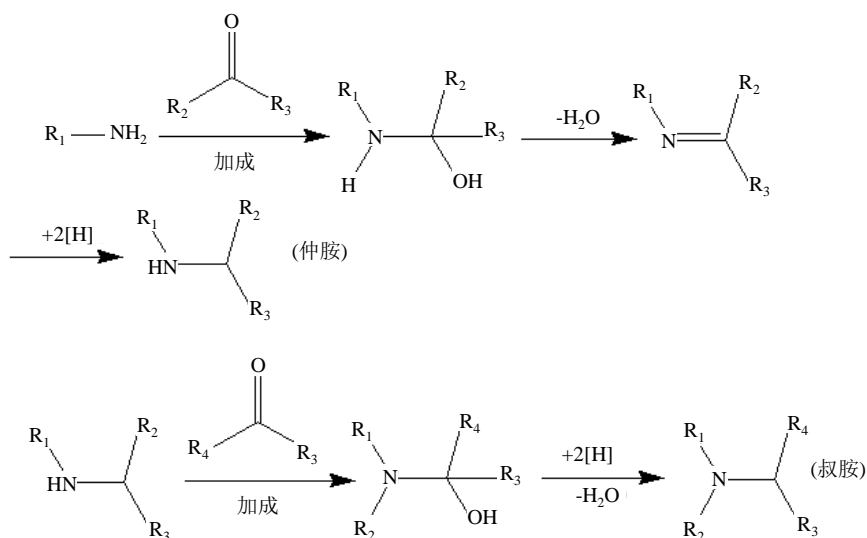
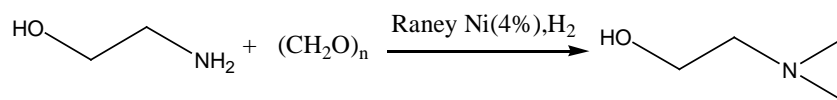


Figure 2. Reductive amination reaction
图 2. 还原胺化反应

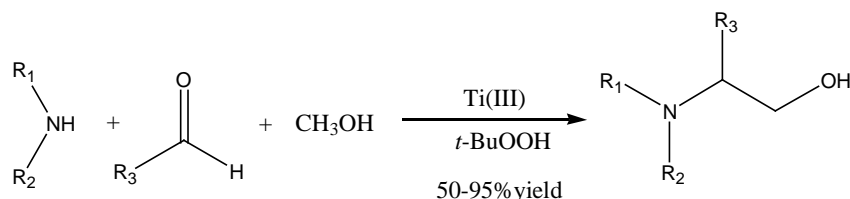
Istvan 等[19]发明了一种合成低级 N,N-二烷基乙醇胺的方法,以钯、铂、铑等过渡金属为催化剂,氢气作为还原剂,低级醛(C ≤ 4)与乙醇胺在醇溶剂中制成 N,N-二烷基乙醇胺,在高压(≥40 bar)的管式反应器中进行,产物收率在 90% 以上。

葛新等[20]研究了在 RANEY Ni 催化下,甲醛与胺发生胺化还原反应,在 115℃、1.6 MPa 条件下,发生 N-甲基化反应生成 N,N-二甲基乙醇胺,反应四小时收率可达 90%。反应式如下:



金属络合物催化剂由过渡金属和配体络合而成,其优点在于可使用氢源试剂代替氢气,在常压下即可实现催化加氢,同时具有原料转化率和产品选择性高的优点。但均相金属络合物催化剂存在难回收、重复利用率低、后处理较复杂等问题。

Clerici 等[21]发现仲胺在 TiCl₃/t-BuOOH 作用下,与醛和甲醇缩合完成 N-羟乙基化,并可采用“一锅法”在较温和条件下制得 N,N-二烷基乙醇胺。反应式如下:



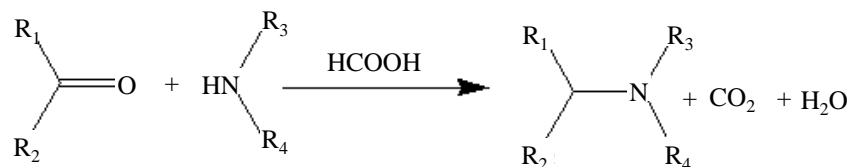
2) 化学还原烷基化

金属氢化物、甲酸、硼烷等还原剂也可对亚胺还原步骤进行还原,从而得到目标产物。

常用的金属氢化物有 NaBH₄ [22], LiAlH₄, NaBH₃CN [23]等。它们的还原特点是反应过程简单且条件温和,产物收率高,由于价格高,常用于实验室制备中,较少用于工业生产。加入 Lewis 酸或 Brønsted 酸与 NaBH₄ 形成的还原体系如 NaBH₄-ZnCl₂, NaBH₄-NiCl₂ 体系等,催化活性和选择性都得到提高。这是因为加入酸或者助剂不仅能加快亚胺的生成还能同时提高亚胺的反应活性,进而提高反应选择性。

Sundaravel 等[24]以乙醇胺(1eq)和吡啶-2-甲醛(2eq)为原料,THF 为溶剂,待加成反应结束后,加入 NaBH(OAc)₃(2eq)和冰醋酸,合成 2-(N,N-二(2-吡啶基甲基)氨基)乙醇的收率达 85%。

甲酸也可以作为还原氢的供体,此反应被称为 Leuckart-Wallach 反应。反应式如下:

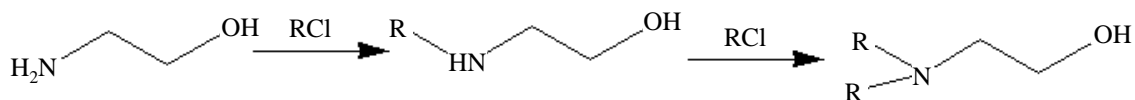


Kaluszyner 等[25]研究了在甲酸催化下,乙醇胺与甲醛的甲基化反应,在反应物料比乙醇胺:甲醛:甲酸 = 1:5:5 下,回流反应 5 h, N,N-二甲基乙醇胺收率达 90%~95%。

甲酸催化优点在于来源广,价格便宜,副产物仅为水和二氧化碳,但有些系统的产物选择性较差[26]。此工艺在工业上有所应用,有时酸性条件对反应不利,常用三乙胺调节反应系统的 pH 值。甲酸也常用于转移氢化反应,常调节系统的碱性以改善反应效果。

2.2.2. 卤代烃取代法

乙醇胺与卤代烃能反应生成 N,N-二烷基乙醇胺。反应式如下:

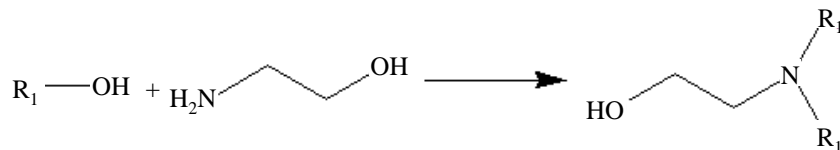


此合成路线操作简单,可采用廉价的氯烷作为烷基化剂,当氯烷活性不足时,采用溴代烃来提高产物产率。然而,由于乙醇胺与卤代烃反应是不可逆的连串反应,在获得目标产物的同时,会有多烷基化产物生成,不仅降低产率,还增加了分离难度,同时,该方法的副产物 HX 对环境不友好,还需要加入当量碱中和,提高了生产成本。

殷慧清等[27]发现在 CuCl 催化下,芳卤与醇胺能在温和的实验条件下反应,并取得了很高的收率,芳卤反应活性为碘苯 > 溴苯 > 氯苯。在 10 mol% CuCl/2eq KOH 催化下,碘苯与乙醇胺在室温下反应即可获得 99% 收率;溴苯反应活性不及碘苯,当反应温度升至 90℃ 和相同催化剂条件下,产品收率也可达到 99%。

2.2.3. 脂肪醇烷基化

脂肪醇与乙醇胺也可在固体酸催化剂,如纳米沸石、Al-MCM-41 分子筛等[28]催化下可发生亲核取代反应可以制得 N,N-二烷基乙醇胺化合物。反应式如下:



该工艺的反应原料脂肪醇廉价易得,同时由于仅有水为副产物,相对于卤代烃的合成路线,该法绿色环保,是合成 N,N-二烷基乙醇胺化合物的绿色化发展方向之一。

陈爱民[3]制备了一种 Cs-B-Zr 多功能固体酸催化剂,并对乙醇胺与低级脂肪醇、芳香醇进行了实验探究。实验表明,此催化剂对低级脂肪醇(C ≤ 5)均有良好的催化效果,转化率和选择性均在 90% 以上。对于甲醇与乙醇胺的 N-烷基化反应,在 220℃、4.3 MPa 条件下,反应转化率可达 93%,当反应温度高于 550℃ 时,该催化剂活性快速下降。

Oku 等[29]探讨了超临界甲醇与乙醇胺在 Cs-P-Si 三组分固相催化剂催化下烷基化反应,在 300℃, 8.2 MPa, 乙醇胺:甲醇 = 1:10.8 条件下的固定床反应器中反应,产物收率可达 86%,选择性达 94%。

2.3. 其他 N-烷基化反应

杨玉峰[30]以乙醇胺和硫酸二甲酯,在常温常压下反应生成 N,N-二甲基乙醇胺,并对反应条件进行了优化实验,发现在硫酸二甲酯:乙醇胺 = 2.2:1,反应温度 80℃,溶液 pH = 9.5,反应时间 3.5 h 条件下,产物收率达 95%。

Sun W. M.等[31]研究了以聚苯乙烯磺酰氯树脂作为载体,二醇以及 N,N-二烷基胺反应生成烷基醇胺类化合物的固相有机合成路线。二醇与二甲胺反应的转化率达 80%。固相合成具有后处理简单、催化剂重复性好等优点,但该方法目前主要用于小规模实验室制备,应用于实际生产过程,还需要做大量的改进与优化工作。

3. 结论

本文介绍和总结了 N,N-二烷基乙醇胺化合物现有合成工艺与特点,其主要合成方法有:仲胺的羟乙基化和乙醇胺的 N-烷基化,对相关工艺的评价总结于表 1。相比较而言,以环氧乙烷为原料合成 N,N-二烷基乙醇胺在工业上应用较为广泛,但同时也存在一些问题,如原料较贵,生成危险系数较高等;而

Table 1. Summary of synthetic process of N,N-dialkylethanolamine
表 1. N,N-二烷基乙醇胺的合成工艺特点总结

工艺路线	试剂	特点
仲胺的羟乙基化	卤乙醇	反应过程较简单, 副产物卤盐, 腐蚀强, 排放大
	乙二醇	采用负载型金属催化剂的固定床反应, 技术要求较高。副产物为水, 环境影响小
	环氧乙烷	原子经济性高, 生产成本较低, 具有较好的应用前景 催化加氢烷基化, 副产物为水, 适合工业化生产, 工艺较绿色
乙醇胺的 N,N-二烷基化	羰基物	金属氢化物还原, 成本较高, 三废较多, 多用于实验室制备。
	甲酸还原剂	副产物仅为水和二氧化碳, 较多应用于二甲基化反应
	脂肪醇	对催化剂要求较高, 醇来源广, 价格低, 副产物仅为水, 发展前景良好。
	卤代烃	反应过程较简单, 副产物卤盐, 腐蚀强, 排放大

脂肪醇 N-烷基化方法由于原料来源广、工艺简单和绿色环保等优点, 在合适的催化剂作用下, 即可代替环氧乙烷法, 用于制备 N,N-二烷基乙醇胺, 是合成 N,N-二烷基乙醇胺化合物的绿色化发展方向之一。

鉴于 N,N-二烷基乙醇胺是一类重要的精细化工中间体, 随着化学研究的不断深入, 未来化工工艺必定向着绿色、高效的方向发展。合理地利用直接或间接的 N-烷基化方法来制取 N,N-二烷基乙醇胺, 在保证高选择性、高收率前提下, 发展绿色经济的合成路线将会为该化合物的进一步应用奠定重要基础。

基金项目

四川省省级科技计划项目(2016GZ0382); 四川省预算内基本建设投资计划“有机胺功能材料工程实验室”。

参考文献 (References)

- [1] 田文德, 刘继泉, 秦华. 二甲基乙醇胺萃取反应器的模拟[J]. 青岛科技大学学报, 2006, 27(6): 493-497.
- [2] Chen, A.M., Wang, H.Y., *et al.* (2015) Catalytic Synthesis Method of N-Substituted Ethanol Amine Compound. CN105503616A.
- [3] Chen, A.M., Wang, H.Y., Liu, R., *et al.* (2016) N-Alkylation of Alkylolamines with Alcohols over Mesoporous Solid Acids-Base Cs-B-Zr Catalyst. *Catalysis Letters*, **146**, 1182-1193. <https://doi.org/10.1007/s10562-016-1737-2>
- [4] Hartman, W.W., *et al.* (2003) β -Diethylaminoethyl Alcohol. *Organic Syntheses*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 28-28. <https://doi.org/10.1002/0471264180.os014.09>
- [5] Zhao, Y.Q., Duan, S.F., Zeng, X., *et al.* (2012) Prodrug Strategy for PSMA-Targeted Delivery of TGX-221 to Prostate Cancer Cells. *Molecular Pharmaceutics*, **9**, 1705-1716. <https://doi.org/10.1021/mp3000309>
- [6] Prasad, B.A.B., Gilbertson, S.R., *et al.* (2009) One-Pot Synthesis of Unsymmetrical N-Heterocyclic Carbene Ligands from N-(2-Iodoethyl) Arylamine Salts. *Organic Letters*, **11**, 3710-3713. <https://doi.org/10.1021/ol901189m>
- [7] Rad, J.K., Mahdavian, A.R., *et al.* (2015) Fret Phenomenon in Photoreversible Dual-Color Fluorescent Polymeric Nanoparticles Based on Azocarbazole/Spiropyran Derivatives. *Macromolecules*, **49**, 141-152.
- [8] Michael, B.S. (2013) *March's Advanced Organic Chemistry: Reactions, Mechanisms, and Structure*. 7th Edition, Wiley, New York.
- [9] Headlee, A.J.W., Collett, A.R., Lazzell, C.L., *et al.* (1933) Reactions of Ethylene Oxide. I. The Action of Ethylene Oxide on Diethylamine. *Journal of American Chemistry Society*, **3**, 1066-1069. <https://doi.org/10.1021/ja01330a028>
- [10] Melder, J.P., Ruider, G., *et al.* (1997) Preparation of a Pure Dialkylaminoethanol Stable against Discoloration. US5663444.
- [11] Ma, X.T., Su, C.L. and Xu, Q. (2016) N-Alkylation by Hydrogen Autotransfer Reactions. *Topics in Current Chemistry*, **374**, 31. <https://doi.org/10.1007/s41061-016-0034-2>
- [12] Xu, C.P., Xiao, Z.H., Zhuo, B.Q., Wang, Y.-H. and Huang, P.-Q. (2010) Efficient and Chemoselective Alkylation of

- Amines/Amino Acids Using Alcohols as Alkylating Reagents under Mild Conditions. *Chemical Communications*, **46**, 7834-7836. <https://doi.org/10.1039/c0cc01487g>
- [13] Tsuji, Y., Takeuchi, R., Ogawa, H. and Watanabe, Y. (1986) Platinum Complex Catalyzed Transformation of Amine. N-Alkylation and N-Alkylation Using Primary Alcohols. *Chemistry Letters*, **15**, 293-294. <https://doi.org/10.1246/cl.1986.293>
- [14] Kobeci, G.C., Slatford, P.A., Whittlesey, M.K., *et al.* (2005) N-Alkylation of Phenethylamine and Tryptamine. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, **15**, 535-537.
- [15] Hamid, M.H., Allen, C.L., Lamb, G.W., *et al.* (2009) Ruthenium-Catalyzed N-Alkylation of Amines and Sulfonamides Using Borrowing Hydrogen Methodology. *Journal of American Chemistry Society*, **131**, 1766-1774. <https://doi.org/10.1021/ja807323a>
- [16] Andrushko, N., Andrushko, V., Roose, P., Moonen, K. and Börner, A. (2010) Amination of Aliphatic Alcohols and Diols with an Iridium Pincer Catalyst. *ChemCatChem*, **2**, 640-643. <https://doi.org/10.1002/cctc.201000046>
- [17] Marsella, J.A. (1987) Homogeneously Catalyzed Synthesis of β -Amino Alcohols and Vicinal Diamines from Ethylene Glycol and 1,2-Propanediol. *Journal of Organic Chemistry*, **52**, 467-468. <https://doi.org/10.1021/jo00379a035>
- [18] Nishimura, S. (2001) Handbook of Heterogeneous Catalytic Hydrogenation for Organic Synthesis. John Wiley & Sons, Hoboken.
- [19] Istvan, P. and Gabor, M. (1991) Process for N-Alkylation of Aliphatic Amines and Amino Alcohols. HUT56339.
- [20] Ge, X., Luo, C.X., Qian, C., *et al.* (2014) Raney Nickel-Catalyzed Reductive N-Methylation of Amines with Paraformaldehyde: Theoretical and Experimental Study. *Royal Society of Chemistry Advances*, **4**, 43195-43203.
- [21] Clerici, A., Ghilardi, A., Pastori, N., Punta, C. and Porta, O. (2009) A New One-Pot, Four-Component Synthesis of 1,2-Amino Alcohols: $TiCl_3/t$ -BuOOH-Mediated Radical Hydroxymethylation of Imines. *Organic Letters*, **10**, 5063-5066. <https://doi.org/10.1002/chin.200912055>
- [22] Saavedra, J.E. (1985) Reductive Alkylation of β -Alkanolamines with Carbonyl Compounds and Sodium Borohydride. *Journal of American Chemistry Society*, **50**, 2273-2277. <https://doi.org/10.1021/jo00213a014>
- [23] Grenga, P.N., Sumbler, B.L., *et al.* (2009) Reductive Amination Agents: Comparison of $Na(CN)BH_3$ and Si-CBH. *Tetrahedron Letters*, **50**, 6658-6660.
- [24] Sundaravel, K., Sankaralingam, M., Suresh, E. and Palaniandavar, M. (2011) Biomimetic Iron (III) Complexes of N_3O and N_3O_2 Donor Ligands: Protonation of Coordinated Ethanolate Donor Enhances Dioxxygenase Activity. *Dalton Transactions*, **40**, 8444-8458. <https://doi.org/10.1039/c1dt10495k>
- [25] Kaluszynier, A. and Galun, A. (2003) N-Methylation of Amino Alcohols and Amino Mercaptans. *Journal of Organic Chemistry*, **26**, 3536. <https://doi.org/10.1021/jo01067a619>
- [26] Gibson, H.W. (1969) The Chemistry of Formic Acid and Its Simple Derivatives. *Chemical Reviews*, **69**, 673-692. <https://doi.org/10.1021/cr60261a005>
- [27] Hui, Y.Q., Jin, M., *et al.* (2012) Solvent-Free Copper-Catalyzed N-Arylation of Amino Alcohols and Diamines with Aryl Halides. *Tetrahedron Letters*, **53**, 1265-1270.
- [28] Tayade, K.N., Mishra, M., Munusamy, K., *et al.* (2014) Solvent Free Acid Catalyzed Direct N-Alkylation of Amines with Alcohols Using Al grafted MCM-41. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, **390**, 91-96.
- [29] Oku, T., Arita, Y., Tsuneki, H. and Ikariya, T. (2004) Continuous Chemoselective Methylation of Functionalized Amines and Diols with Supercritical Methanol over Solid Acid and Acid-Base Bifunctional Catalysts. *Journal of American Chemical Society*, **126**, 7368-7377. <https://doi.org/10.1021/ja048557s>
- [30] Yang, Y.F. (2004) Study on Synthesis of DMEA. *Henan Science*, **4**, 458-460.
- [31] Sun, W.M., Luo, J.T., *et al.* (2001) Application of the Sulfonate Ester Group as a Linker for Solid Phase Organic Synthesis. *Chinese Journal of Reactive Polymers*, **10**, 21-26.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：hjctet@hanspub.org