

## 大学有机化学实验中的人名反应

李厚金<sup>1,\*</sup>, 蓝文健<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中山大学化学学院, 广州 510006

<sup>2</sup>中山大学药学院, 广州 510006

**摘要:** 人名反应是有机化学的基石, 也是有机化学实验最重要的内容。本文简要介绍了有机人名反应, 包括以华人化学家命名的有机人名反应, 重点分析了人名反应在大学有机化学实验中的现状, 探讨了其教学特点、优势和发展趋势。本文为国内同行开展实验教学研究、拓展实验新方法与新技术提供了借鉴, 也有利于提升学生的学习兴趣、增强民族自豪感。

**关键词:** 有机化学实验; 人名反应; 现状; 发展趋势

**中图分类号:** G64; O6

## Name Reactions in University Organic Chemistry Laboratory

Houjin Li<sup>1,\*</sup>, Wenjian Lan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> School of Chemistry, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510006, China.

<sup>2</sup> School of Pharmaceutical Sciences, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510006, China.

**Abstract:** Name reactions are the cornerstone of organic chemistry and constitute a vital component of organic chemistry experiments in universities. This article provides a concise overview of organic name reactions, including those named after Chinese chemists. The focus is primarily on the current status of name reactions in university organic chemistry experiments, exploring their teaching characteristics, advantages, and future trends. This article serves as a reference for domestic colleagues engaged in experimental teaching research, as well as for expanding new methods and technologies in experiments. Furthermore, it aims to enhance students' interest in learning and foster a sense of national pride.

**Key Words:** Organic chemistry experiment; Name reaction; Current situation; Development trend

有机化学发展至今, 已经有成千上万各类化学反应被发现, 其中许多重要的有机反应被冠以人名, 称为人名反应(Name reaction), 以纪念首次发现或是对该反应做出深入研究、取得突出成就的科学家, 这也是给予有机化学家们最崇高的嘉奖和荣誉。在国内外, 均有专门介绍人名反应的书籍出版<sup>[1]</sup>, 也建有专门的网站<sup>[2,3]</sup>。业内认为, 在这些有机人名反应中, 作为典型代表的人名反应数量应该在300个左右。本文拟简要介绍人名反应的概况, 重点分析人名反应在大学有机化学实验中的应用与发展情况, 希望对国内同行有参考价值。

收稿: 2023-10-10; 录用: 2023-12-05; 网络发表: 2023-12-18

\*通讯作者, Email: ceslhj@mail.sysu.edu.cn

基金资助: 广东省本科高校教学质量与教学改革工程建设项目; 广东省高等教育教学改革项目; 中山大学本科教学质量工程项目

## 1 获得诺贝尔奖的有机人名反应

在有机化学的知识体系中，人名反应是基石，而获得诺贝尔奖的反应则堪称柱石，是经典中的经典。1901年诺贝尔化学奖首次颁发，截至2023年，诺贝尔化学奖已经颁发115次，有194位获得者，其中共有5次诺贝尔化学奖颁发给了有机人名反应的发现者，涉及的人名反应有：Grignard反应、Diels-Alder反应、Brown硼氢化反应、Wittig反应、Sharpless不对称氧化反应、Noyori不对称氢化反应、Heck反应、Negishi偶联反应、Suzuki偶联反应等(表1)<sup>[4]</sup>。它们都具有反应温和、条件可控、应用广泛的特点，并且与人类生活息息相关，值得我们当代化学工作者持续关注和不断思考、研究。

表1 获得诺贝尔奖的有机人名反应

人名反应	发明人	反应简介	获得诺贝尔化学奖的年份
Grignard反应	法国化学家 Victor Grignard	亲电性的卤代烷与金属镁作用生成亲核性极强的格氏试剂，可以和醛、酮、酯、环氧、二氧化碳等很多亲电试剂反应，该反应的应用非常广泛	1912年，Victor Grignard和法国化学家Paul Sabatier (发明在细金属粉存在下催化有机化合物的加氢法)共同获得诺贝尔化学奖
Diels-Alder反应	德国化学家 Otto P. H. Diels 和 Kurt Alder	在加热条件下，共轭二烯烃与含碳碳双键或碳碳三键的化合物进行1,4-环加成反应，生成六元环烯烃，反应也经过一个环状过渡态。成环反应需要的温度比开环反应的温度低些，这个反应称作双烯合成反应(Diels-Alder反应)。该反应一步构建了六元环，形成两个新的碳碳键，最多可以构建四个手性中心，是非常重要的碳碳键合成方法，同时也是构建六元环的非常重要的方法	1950年诺贝尔化学奖
Brown硼氢化反应	英国化学家 Herbert C. Brown	用含有B-H的化合物处理烯烃，再用H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 氧化得到醇，这是顺式加成、反马氏规则的反应。硼氢化氧化是将烯烃转化为相应的醇的经典方法	1979年，Herbert C. Brown和Georg Wittig共同分享诺贝尔化学奖
Wittig反应	德国化学家 Georg Wittig	Wittig反应是由卤代烃经磷盐制得的磷叶立德(Ylide)与醛、酮反应合成烯烃的反应。该反应条件温和且收率较高，能够合成一些难以制备的烯烃，改进的Wittig反应还能得到顺反可控的双键化合物。Wittig反应在医药、农药、化妆品等工业生产中得到广泛应用	
Sharpless不对称氧化反应	美国化学家 K. Barry Sharpless	Sharpless发现在四异丙氧钛和酒石酸二乙酯存在下，无水过氧叔丁醇能立体选择性地对烯丙醇中的碳碳双键氧化得到环氧化合物，不同构型的酒石酸酯可以控制得到一定构型的环氧，并具有高ee值，当加入分子筛做吸水剂时，催化量的四异丙氧钛和酒石酸二乙酯就可以完成反应，这就是Sharpless不对称环氧化。此外，钨催化剂和金鸡纳碱衍生物催化下烯烃对映选择性顺式双羟基化反应，被称为Sharpless不对称双羟基化反应	2001年，K. Barry Sharpless因在不对称氧化方面的杰出贡献与美国科学家William S. Knowles和日本科学家Ryoji Noyori (烯烃的不对称催化氢化)共同获得诺贝尔化学奖
Noyori不对称氢化反应	日本科学家 Ryoji Noyori	Noyori发现了一种新型手性双膦配体BINAP (2,2'-双二苯膦-1,1'-联萘)，其中任何一个对映体和Rh(I)或者Ru(II)形成的配合物都具有极高的活性，可以高效率不对称地氢化双键或者还原羰基，对映异构体选择性高	

(待续)

(续表1)

人名反应	发明人	反应简介	获得诺贝尔化学奖的年份
Heck反应	美国化学家 Richard F. Heck	Heck反应是在碱性条件下钯催化的芳基或乙烯基卤代物和活性烯烃之间的偶联反应。该反应已经成为构成C—C键的重要反应之一	2010年，美国科学家Richard F. Heck 和日本科学家 Ei-ichi Negishi、Akira Suzuki 因研发
Negishi偶联反应	日本科学家 Ei-ichi Negishi	Negishi反应于1977年发现的，是钯催化下的不饱和有机锌试剂和芳基或乙基卤化物等进行的偶联反应	“有机合成中的钯催化的交叉偶联”而获得2010年度诺贝尔化学奖
Suzuki偶联反应	日本科学家 Akira Suzuki	Suzuki偶联反应，也称作Suzuki-Miyaura反应，在零价钯配合物催化下，芳基或烯基硼酸或硼酸酯与氯、溴、碘代芳烃或烯烃发生交叉偶联。该反应具有较强的底物适应性及官能团容忍性，常用于合成多烯烃、苯乙烯和联苯的衍生物，在天然产物和有机材料的合成中应用广泛	

## 2 以华人化学家命名的有机人名反应

迄今为止，大概已有上千个有机人名反应被报道，但为人们所熟知和经常使用的有300个左右。以下总结了以华人化学家命名的化学反应，共有14个<sup>[3,5-8]</sup>。

### 2.1 Wolff-Kishner-黄鸣龙还原反应(Wolff-Kishner-Huang Reduction)

1946年，黄鸣龙发展了Wolff-Kishner反应，这是一个有机还原反应，羰基化合物(醛或酮)在高沸点溶剂如一缩二乙二醇中与肼和氢氧化钾(或氢氧化钠)一起加热反应，羰基还原为亚甲基(图1)。该反应经黄鸣龙改进在常压下即可完成，反应时先将反应物与氢氧化钠、肼和高沸点醇类的水溶液混合加热生成腙后，将水和过量的肼蒸出，升温回流数小时后完成。虽然黄鸣龙对“Wolff-Kishner还原反应”只是改进，但改进前的反应条件苛刻：需要用封管、金属钠和价值昂贵的无水肼，同时极易引起副反应。改进后这一还原反应原料价格降低，产率提高，操作变得简单，能在工业上进行大规模生产，因而在国际上被广泛应用。该反应也是第一个以中国人名字命名的有机反应。

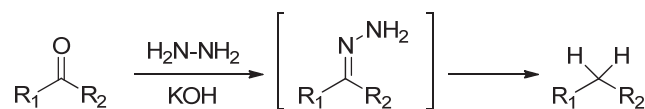


图1 Wolff-Kishner-黄鸣龙还原反应

### 2.2 Norrish-Yang光环化反应(Norrish-Yang Photocyclization)

Norrish-Yang光环化反应是在1958年由美籍华裔化学家杨念祖报道的：含有 $\gamma$ 氢原子的酮类化合物在光激发下发生1,5-氢迁移，形成1,4-双自由基中间体然后环化形成环丁醇类化合物(图2)。

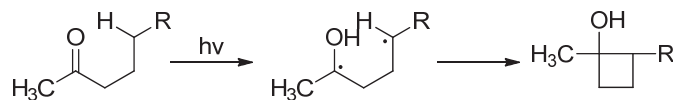


图2 Norrish-Yang光环化反应

### 2.3 Chan重排反应(Chan Rearrangement)

1984年，加拿大籍华裔科学家Tak-Hang Chan报道了 $\alpha$ -酰氧基乙酸酯在强碱作用下经过环氧化物中间体，重排得到2-羟基-3-酮酯(图3)，该反应被称为“Chan Rearrangement”。

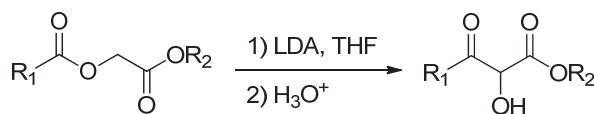


图3 Chan重排反应

## 2.4 Lu-Trost-Inoue反应和陆熙炎[3+2]环化反应(Lu's [3+2] annulation)

1988年,我国化学家陆熙炎研究小组报道了在钌(II)催化下炔酮异构化为共轭二烯酮的反应,产物为*E,E*-构型。其后Trost小组(钯催化)和Inoue小组(钌催化)也分别报道了此类反应。陆熙炎小组在后续研究还发现,铱(III)[IrH<sub>3</sub>(i-Pr<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]催化性能更好,另外加入催化量的叔膦,可以将反应温度降低至35 °C。炔酮或炔酯在过渡金属催化剂或叔膦的催化下异构为*E,E*-构型的共轭二烯酮的反应(图4),被称为“Lu-Trost-Inoue反应”。



图4 Lu-Trost-Inoue反应

此外,1995年,陆熙炎还发展了一种环化反应,即联烯与烯炔在有机膦的催化下,通过[3+2]环化得到五元环化合物(图5),该反应被称为“陆熙炎[3+2]环化反应”(Lu's [3+2] annulation)。

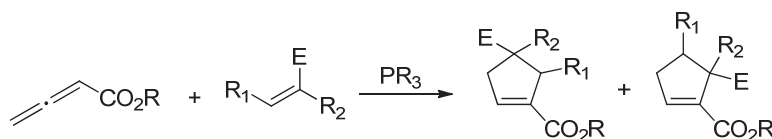


图5 陆熙炎[3+2]环化反应

## 2.5 Stork-赵康烯化反应(Stork-Zhao olefination)

Stork-赵康烯化反应是以著名化学家Gilbert Stork和我国科学家赵康命名的反应。该反应是对Wittig反应的拓展,利用(碘甲基)三苯基碘化磷和NaHMDS反应得到磷叶立德,接着和醛反应得到(*Z*)-乙烯基碘,产物可作为交叉偶联反应的重要前体,该反应在(*Z*)-烯炔的合成中非常有价值(图6)。

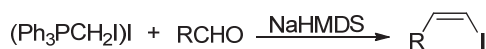


图6 Stork-赵康烯化反应

## 2.6 Shing-Plietker双羟化反应

1994年,香港中文大学成公明(Shing, T. K. M.)报道了在乙酸乙酯/乙腈/水两相体系中,NaIO<sub>4</sub>作为共氧化剂,在RuCl<sub>3</sub>催化下烯炔可以快速氧化得到邻二醇产物。2003年Plietker研究了该反应的机理,发现催化量的硫酸可以提高反应产率。RuCl<sub>3</sub>作为催化剂,高碘酸钠作为共氧化剂,快速氧化烯炔得到顺式邻二醇的反应(图7),被称为“Shing-Plietker双羟化反应”。

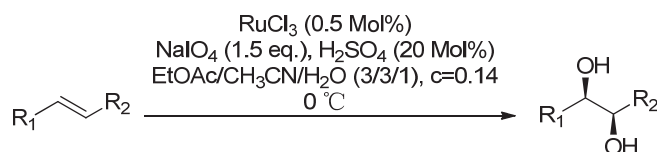


图7 Shing-Plietker双羟化反应

## 2.7 史氏不对称环氧化反应(Shi Asymmetric Epoxidation)

1996年, 史一安报道了以果糖衍生的手性酮为催化剂, 过一硫酸钾(Oxone)或 $\text{H}_2\text{O}_2$ 为氧化剂的不对称环氧化反应, 对于反式二取代和三取代烯烃均可获得高反应活性和立体选择性, 其适用范围广(图8)。该反应被称为“Shi Asymmetric Epoxidation”。

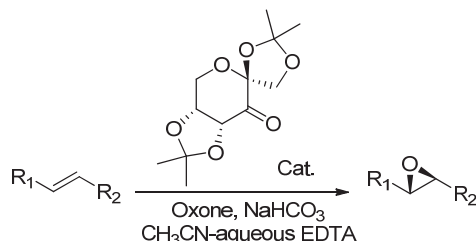


图8 史氏不对称环氧化反应

## 2.8 张绪穆烯炔环异构化反应(Zhang enyne cycloisomerization)

张绪穆发展的烯炔环异构化反应被命名为“Zhang enyne cycloisomerization”, 即1,6-烯炔类化合物在膦配位的铑催化剂的催化下发生高区域选择性地不对称环化异构化生成五元杂环化合物(图9)。通过该反应可以方便地实现烯烃和炔烃分子内的不对称环化, 高效构筑一系列五元杂环化合物, 在生物活性分子以及药物分子的合成中有重要的应用。

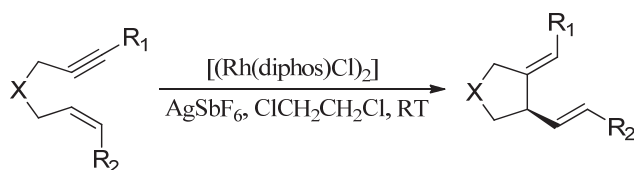


图9 张绪穆烯炔环异构化反应

## 2.9 俞氏糖苷化反应(Yu Glycosylation)

2008年, 俞飏课题组报道了一种新的糖苷化方法, 在Au(I)络合物(如 $\text{Ph}_3\text{PAuOTf}$ 、 $\text{Ph}_3\text{PAuNTf}_2$ )催化下, 以糖基邻炔基苯甲酸酯为给体进行糖苷化反应, 离去基异香豆素-金中间体在活化过程中可以有效捕获反应中产生的 $\text{H}^+$ , 从而使得反应体系一直保持在较为温和的条件(图10)。该反应被称作“俞氏糖苷化反应”(Yu Glycosylation)。

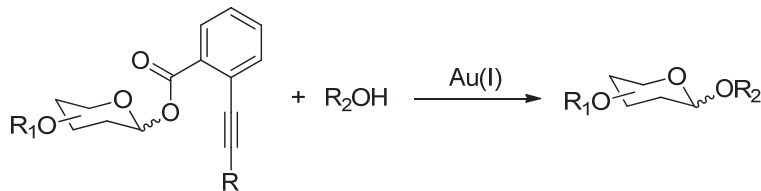


图10 俞氏糖苷化反应

## 2.10 Roskamp-Feng反应

1989年, Roskamp首先报道了利用氯化亚锡催化乙基重氮乙酸乙酯和醛反应制备 $\beta$ -酮酯的反应, 各种路易斯酸, 如 $\text{Sc}(\text{OTf})_3$ 、 $\text{BF}_3$ 、 $\text{GeCl}_2$ 等都可用于此反应。2010年, 冯小明等以手性氮氧- $\text{Sc}(\text{OTf})_3$ 络合物催化剂实现了首例催化不对称Roskamp反应(图11), 该反应被冠名为“Roskamp-Feng Reaction”。

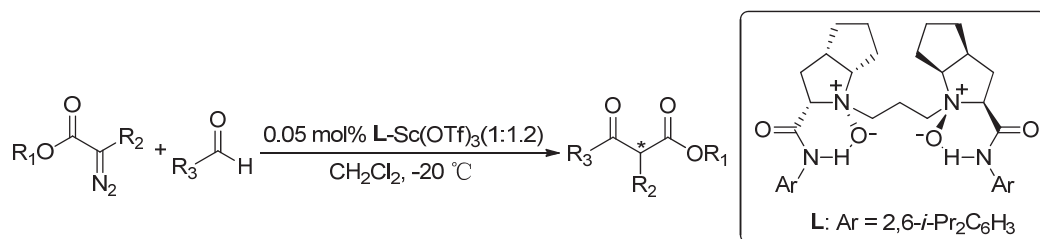


图11 Roskamp-Feng反应

### 2.11 余金权C-H活化反应

余金权及其课题组发现一些位置选择性或立体选择性的C-H活化反应，此类反应利用钪催化并加入氧化剂，通常底物含有导向基团，另外加入一些优化的配体会增强选择性和加快反应速率。

### 2.12 麻生明氧化反应

2011年，麻生明团队利用 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 、TEMPO (及其衍生物)作为催化剂， $\text{O}_2$  (空气)作为氧化剂，以NaCl作为添加剂将醇氧化为醛酮，或者以KCl为添加剂将伯醇氧化为羧酸的反应，被称为麻生明氧化反应。

### 2.13 李朝军三组分反应

李朝军三组分反应是指在过渡金属催化下醛-炔-胺三组分直接脱水缩合得到丙炔胺的反应，反应通常在水中进行。 $[\text{Ru}]/[\text{Cu}]$ 、 $[\text{Au}]$ 、 $[\text{Ag}]$ 和铁等催化剂系统都可用于此反应。糖类化合物反应生成丙炔胺产物。对于一些特定基团的氨基酸和多肽在生理条件下，也可以进行三组分反应。伯胺和芳香仲胺可以高效进行不对称的三组分反应。此反应还可以适用于流动化学合成。

虽然目前以华人科学家命名的化学反应数量相对较少，但从人名反应的发展趋势来看，我们仍可以从中感受到我国化学的飞速发展。我们相信，未来会有更多的中国学者发表原创性的化学研究，在中国本土出现影响世界的研究成果。

## 3 国内大学有机化学实验教材中常见的人名反应

在有机化学实验教材中，人名反应几乎占到半壁江山，其重要性不言而喻。这里选取了北京大学<sup>[9]</sup>、南京大学<sup>[10]</sup>、中国科学技术大学<sup>[11]</sup>、中山大学<sup>[12]</sup>、四川大学<sup>[13]</sup>、厦门大学<sup>[14]</sup>编著出版的有机化学实验教材，对其中的人名反应进行了统计分析，结果列于表2。

表2 国内大学有机化学实验教材中常见的人名反应与实验项目名称

人名反应	实验项目名称
Baker-Venkaramann重排法	黄酮化合物的合成
Barbier反应(或Barbier-Grignard反应)	水相Barbier反应合成1-庚烯-4-醇; 1-苯基-3-丁烯-1-醇的合成
Beckmann重排反应	己内酰胺
Bingel反应	C60的Bingel反应
Cannizzaro反应	吡喃甲酸和吡喃甲醇; 苯甲酸和苯甲醇; 4-氯苯甲醛
Claisen-Schmidt缩合反应	二苯叉丙酮的制备与鉴定; 苯丙烯酰苯及其衍生物; 苯亚甲基苯乙酮
Claisen酯缩合反应	乙酰乙酸乙酯的制备及结构表征; 无溶剂的Claisen缩合反应制备2,4-二苯基乙酰乙酸乙酯
Diels-Alder反应	9,10-二氢蒽-9,10- $\alpha,\beta$ -马来酸酐; 3,6-二苯基-1,2,3,6-四氢苯-1,2-二甲酸酐; 3,6-内氧桥-1,2,3,6-四氢苯-1,2-二甲酸酐; 微波促进下的蒽与马来酸酐的Diels-Alder反应

(待续)

(续表2)

人名反应	实验项目名称
Fischer-Spicer酯化法	对氨基苯甲酸乙酯 (苯佐卡因)
Fischer合成法	2-苯基吡啶
Friedel-Crafts反应	苯乙酮; 二苯酮; 对甲基苯乙酮的合成; 对叔丁基苯酚的制备; 4-对甲苯基-4-氧代丁酸的制备; 2,4-二羟基苯乙酮; 2,4-二氯苯乙酮
Grignard反应	三苯甲醇; 3-己醇; 2-甲基-2-己醇; 1-丁基环己醇的制备
Hantzsch反应	2,6-二甲基-4-苄基-3,5-二乙氧羰基-1,4-二氢吡啶; 2,6-二甲基-3,5-二乙氧羰基吡啶
Heck反应	硅藻土负载的钯纳米颗粒催化Heck反应: 苯基丙烯酸甲酯的合成
Knoevenagel反应	香豆素-3-羧酸; 2-戊烯酸
Knorr反应	2,4-二甲基-3,5-二乙基羰基吡咯
Kumada反应	Kumada反应合成1,2-二丁基苯
Leuchart反应	(±)- $\alpha$ -苯乙胺的制备与拆分
Mitsunobu反应	(1 <i>S</i> ,2 <i>S</i> ,5 <i>R</i> )-5-甲基-2-(1-甲基乙基)环己基-4-硝基苯甲酸酯的合成
Negishi偶联反应	Negishi偶联反应合成4-辛基苯甲腈
Pechmann反应	7-羟基-4-甲基香豆素的无溶剂合成
Perkin反应	肉桂酸; 呋喃丙烯酸; 香豆素
Pictet-Spengler合成法	1,2,3,4-四氢- $\beta$ -咪啉
Pudovik反应	$\alpha$ -羟基膦酸酯的合成
Sandmeyer反应	对氯甲苯; 邻氯甲苯
Skraup反应	喹啉; 8-羟基喹啉的制备; 8-羟基喹啉及其铝配合物的合成、表征与发光性能; 6-甲基-8-硝基喹啉
Stetter反应	2,5-十一二酮与3-甲基-2-戊基-2-环戊烯基-1-酮(二氢茉莉酮)的制备
Williamson醚合成法	$\beta$ -萘乙醚; 苯氧乙酸
Wittig反应	<i>E,E</i> -1,4-二苯基-1,3-丁二烯; 1,2-二苯乙烯( <i>E</i> -二苯乙烯)

从表2可以看出, Cannizzaro反应、Claisen-Schmidt缩合反应、Claisen酯缩合反应、Diels-Alder反应、Friedel-Crafts反应、Grignard反应、Knoevenagel反应、Perkin反应、Skraup反应、Williamson醚合成法、Wittig反应是热门的人名反应。各高校选取的实验项目名称也基本类似, 差别在于有些高校对实验进行了改进, 对具体的实验过程、细节, 以及产物的分析与应用进行了拓展延伸。例如, “9,10-二氢蒽-9,10- $\alpha,\beta$ -马来酸酐”与“微波促进下的蒽与马来酸酐的Diels-Alder反应”是反应条件的改进; “8-羟基喹啉的制备”与“8-羟基喹啉及其铝配合物的合成、表征与发光性能”是实验内容有拓展。

#### 4 近年新创化学实验中的有机人名反应

检索在2000年1月至2023年8月期间在《大学化学》期刊发表的有机化学实验论文, 将涉及人名反应的汇总归类于表3。

总体而言, 在2000.1–2009.12的10年间, 发表的人名反应实验教学论文数量严重偏少, 仅有5篇。在近10年有增多趋势, 尤其是自2019年全国大学生化学实验创新设计大赛举办以来, 有机化学实验教学研究与改革迎来蓬勃发展。在2020.1–2023.8期间, 共发表人名反应实验教学论文25篇。

有不少实验是对传统实验项目的改进, 如: 苯甲醇和苯甲酸制备实验的改进与创新设计、苯甲醛Cannizzaro反应的探讨与改进、二苯叉丙酮合成实验的改进、基于流动化学平台的3-(2-羟基苯基)-1-(吡啶-3-基)丙-2-烯-1-酮合成实验改进、利用傅-克酰基化反应制备芳酮实验的改进、格氏试剂的合成实验改进、香豆素-3-羧酸制备实验的改进与拓展设计、肉桂酸制备实验的改进等。这些实验项目

在很多高校都有开展，老师们能够抓住实验的机理本质，深入研究各种因素对反应的影响，进行实验改进，使得实验产率更高、产物纯度更好、实验过程更加节约环保、同时更有利于学生综合能力的培养提升。

表3 《大学化学》发表的有关人名反应的教学实验项目(2000.1–2023.8)

人名反应	论文题目
Baker-Venkataraman重排法	黄酮化合物的合成——推荐一个大学有机化学实验 <sup>[15]</sup>
Barbier-Grignard反应	水相Barbier-Grignard反应实验设计 <sup>[16]</sup>
Beckmann重排反应	Beckmann重排反应的综合性实验设计与教学应用 <sup>[17]</sup> ; Beckmann重排合成 <i>N</i> -(2-萘基)乙酰胺的综合实验设计 <sup>[18]</sup>
Cannizzaro反应	苯甲醇和苯甲酸制备实验的改进与创新设计 <sup>[19]</sup> ; 苯甲醛Cannizzaro反应的探讨与改进 <sup>[20]</sup>
Claisen酯缩合反应	由邻苯二甲酸二乙酯制备水合茚三酮的反应机理探讨 <sup>[21]</sup>
Claisen-Schmidt反应	二苯叉丙酮合成实验的改进 <sup>[22]</sup> ; 基于流动化学平台的3-(2-羟基苯基)-1-(吡啶-3-基)丙-2-烯-1-酮合成实验改进 <sup>[23]</sup>
Diels-Alder反应	三亚苯衍生物的合成——将苯环的构筑引入有机化学实验教学 <sup>[24]</sup> ; 用Diels-Alder反应合成顺-4-环己烯-1,2-二羧酸及产品纯度分析——小综合实验推荐 <sup>[25]</sup>
Fischer合成法	2-苯基咪唑的合成——推荐一个大学有机化学实验 <sup>[26]</sup>
Fridel-Crafts反应	综合化学实验乙酰二茂铁的合成和表征详析 <sup>[27]</sup> ; 4-对甲苯基-4-氧代丁酸的制备——推荐一个大学基础有机化学实验 <sup>[28]</sup> ; “苯乙酮的制备”实验替代——推荐一个合成化学实验 <sup>[29]</sup> ; 利用傅-克酰基化反应制备芳酮实验的改进 <sup>[30]</sup> ; 双乙酰基二茂铁的合成及其与1,10-邻菲罗啉之间的光配体交换反应产物剖析——推荐一个新颖有趣的综合化学实验 <sup>[31]</sup>
Grignard反应	(2 <i>R</i> ,3 <i>R</i> )-1,4-二甲氧基-1,1,4,4-四苯基-2,3-丁二醇的合成——推荐一个大学有机化学综合实验 <sup>[32]</sup> ; 过渡金属催化的6-苯基-5,6-二氢-2 <i>H</i> -吡喃-2-酮的合成——推荐一个大学有机化学综合实验 <sup>[33]</sup> ; 格氏试剂的合成实验改进 <sup>[34]</sup>
Heck反应	水相Heck反应在有机化学实验中的应用 <sup>[35]</sup>
Heck反应(并含Perkin反应、Wittig反应、Knoevenagel反应)	肉桂酸的逆合成分析、合成设计及实验制备——一次设计型实验课的探索 <sup>[36]</sup>
Hofmann烷基化反应和Mannich反应	综合化学实验：5-溴-1-甲基芦竹碱衍生物的制备和表征 <sup>[37]</sup>
Japp-Klingemann反应和Fischer合成法	褪黑激素的合成——介绍一个探索性有机化学实验 <sup>[38]</sup>
Knoevenagel反应	一种新型有机质子响应荧光分子的合成在实验教学中的设计与探索 <sup>[39]</sup> ; 推荐几个有关Knoevenagel缩合反应的绿色化学实验 <sup>[40]</sup> ; 7-丁氧基苯并吡喃[2,3- <i>c</i> ]吡啶-3-酮的制备及表征——推荐一个综合创新型化学实验 <sup>[41]</sup> ; 基础化学综合实验设计——吡喃化合物的合成及物理化学性质 <sup>[42]</sup> ; 香豆素-3-羧酸的绿色合成及其光谱性质研究 <sup>[43]</sup> ; 香豆素-3-羧酸制备实验的改进与拓展设计 <sup>[44]</sup>

(待续)

(续表3)

人名反应	论文题目
Knorr吡咯合成法	2,4-二甲基吡咯-3,5-二羧酸二乙酯的合成——推荐一个大学有机化学实验 <sup>[45]</sup>
Mannich反应	喹啉酮类JNK3抗肿瘤抑制剂的绿色合成——推荐一个综合化学实验 <sup>[46]</sup> ; 托品酮及其衍生物卓柯卡因的合成——介绍一个中级有机化学实验 <sup>[47]</sup>
McMurry偶联反应	四苯乙烯及其衍生物超声辅助合成与光电性能研究 <sup>[48]</sup> ; 四苯乙烯的合成、表征及在爆炸物检测中的应用——介绍一个大学化学综合实验 <sup>[49]</sup>
Michael加成反应	利用无溶剂研磨反应制备3-取代异喹啉-1-酮类化合物 <sup>[50]</sup> ; 4'-(2-[5-(4-羧基苯基)咪唑基])-2,2':6',2"-三联吡啶的合成——推荐一个大学有机化学实验 <sup>[51]</sup> ; 无溶剂条件下研磨促进的Michael加成反应——推荐一个新的半微量有机化学实验 <sup>[52]</sup>
Perkin反应	肉桂酸制备实验的改进 <sup>[53]</sup>
Pictet-Spengler反应	6,7-二甲氧基-1,2,3,4-四氢异喹啉-3-羧酸甲酯的制备——介绍一个大学药物化学综合实验 <sup>[54]</sup>
Reimer-Tiemann反应	利用Reimer-Tiemann反应合成水杨醛缩脲聚集诱导发光分子的综合实验 <sup>[55]</sup>
Ritter反应	酰胺的制备新创实验—— <i>N</i> -二苯甲基乙酰胺 <sup>[56]</sup>
Skraup法	8-羟基喹啉及其铝配合物的合成、表征及发光性能——推荐一个综合化学实验 <sup>[57]</sup>
Sonogashira偶联反应	含苄共轭高分子的合成、表征及性能研究——推荐一个高分子化学综合实验 <sup>[58]</sup>
Suzuki偶联反应(亦称Suzuki-Miyaura反应)	Pd/C催化Suzuki反应合成4-联苯甲酸 <sup>[59]</sup> ; 诺贝尔化学奖类大学生创新实验——Suzuki偶联反应制备DPP类荧光染料 <sup>[60]</sup> ; 实验教学与绿色化学的融合——一个绿色Suzuki-Miyaura交叉偶联反应教学实验研究 <sup>[61]</sup>
Tishchenko反应	醇钠催化苯甲醛合成苯甲酸苄酯——介绍一个探索性有机化学实验 <sup>[62]</sup>
Ugi反应	Ugi四组分一锅法高效合成结构独特的活性生物碱化合物 <sup>[63]</sup>

在新创实验中, Fridel-Crafts反应、Knoevenagel反应、Michael加成反应、Suzuki偶联反应开发的实验项目相对较多。通过科教融合, 引入新的实验知识、实验方法与技术, 如: 肉桂酸的逆合成分析、合成设计及实验制备——一次设计型实验课的探索、利用Reimer-Tiemann反应合成水杨醛缩脲聚集诱导发光分子的综合实验、诺贝尔化学奖类大学生创新实验——Suzuki偶联反应制备DPP类荧光染料等。值得特别说明的是, 其中的Suzuki-Miyaura反应在科研中日益发挥重要的作用, 但该反应用到贵金属钯催化剂、需要无氧操作。近年, 很多高校的教学实验室条件得到明显改善, 已能够满足该实验要求, 因此, 关于Suzuki-Miyaura反应的教学实验设计也逐年增多, 将科学研究的进展及时融入实验教学, 有助于丰富学生的知识体系, 帮助其了解最前沿的科学研究, 并为学生后续开展科研工作打下扎实的基础。

绿色化学的理念已经深入人心, 在实验教学中得到践行。如: 水相Barbier-Grignard反应实验设计、水相Heck反应在有机化学实验中的应用、推荐几个有关Knoevenagel缩合反应的绿色化学实验、香豆素-3-羧酸的绿色合成及其光谱性质研究等一系列绿色实验得到开发应用。

我们还注意到, 论文报道的多个实验项目已经编入教材, 并且在实际实验教学中得到应用, 例如: 水相Barbier-Grignard反应实验设计<sup>[11]</sup>、水相Heck反应在有机化学实验中的应用<sup>[11]</sup>、黄酮化合物的合成<sup>[12]</sup>、2-苯基咪唑的合成<sup>[12]</sup>、以及8-羟基喹啉及其铝配合物的合成、表征及发光性能<sup>[12]</sup>等。

## 5 有机人名反应化学实验的教学优势和特点分析

人名反应非常重要、应用非常广泛。在有机化学理论课中, 教学内容涉及的人名反应有几十个, 如Baeyer-Villiger氧化、Beckmann重排、Birch还原、Cannizzaro反应、Diels-Alder反应, Claisen重排、

Clemmensen还原、Dieckmann缩合反应、Friedel-Crafts反应、Grignard反应、Hofmann消除反应、Michael加成反应、Sandmeyer反应、Wittig反应、Wolff-Kishner-黄鸣龙反应等。绝大多数反应机理清楚，实验技术与方法成熟可靠。选取相应的人名反应作为实验教学内容，既巩固理论课程所学，又真正做到理论联系实际。此外，将人名反应的最新研究成果引入实验课堂，增加实验教学内容的趣味性、前沿性，让学生了解所学内容的有用性与实用性，可提高学生的实验兴趣与积极性。

人名反应可挖掘出人物历史故事、反应的发现与机理认知的曲折过程、合成方法的应用与发展，这些故事、实例，学生非常感兴趣，对创新思维有启迪，对科研素质的培养有促进。挖掘人名反应中的思政元素，并使思政育人与有机化学实验自然融合，把价值观培育和塑造融入课程，让学生感受先辈的家国情怀及严谨、创新的科研精神，激发学生传承科学家的高尚品格，培养学生努力奋斗、不断创新、团结协作的科学精神，树立正确的人生观、价值观和科研观。

有机化学实验的教学水平、教学效果跟很多因素有关。教师要上好有机人名反应化学实验课，不必拘泥于教材内容，更不能只局限于指导实验操作，教师应该具备广博的知识视野，可大胆地引入新的知识；同时，还要有精心的备课、幽默的讲解、巧妙的设问、精彩的演示、细致的指导。“教学有法，教无定法，贵在得法”。每个教师应了解教学规律，根据实验内容、自身特点，灵活运用各种教学方法和教学手段，才能把有机人名反应化学实验的教学优势和特点发挥到极致。

## 6 结语

在可预见的未来，人名反应仍然是有机化学实验的中流砥柱。目前，鉴于教学实验在时长(通常基础实验的总时长不超过8学时，综合实验的总时长不超过24学时)、成本、安全性以及反应产率等方面有要求，因此，尽管人名反应比较多，但真正适合于教学实验的可选范围并不是太大。随着试剂原料的获得更加便捷、更加经济，教学实验条件，如实验仪器、设备、安全设施等的逐步改善，可适当开发更多的人名反应新实验项目，拓展实验新方法、新技术的应用。人名反应在大学有机化学实验中的应用潜力非常巨大。

## 参 考 文 献

- [1] Li, J. J. *Name Reactions: A Collection of Detailed Mechanisms and Synthetic Applications*, 6th ed.; Springer: Cham, Switzerland, 2021.
- [2] Name Reactions. [2023-10-08]. <https://www.organic-chemistry.org/namedreactions/>
- [3] Organic Name Reactions. [2023-10-08]. [https://www.drugfuture.com/Organic\\_Name\\_Reactions/maps.htm](https://www.drugfuture.com/Organic_Name_Reactions/maps.htm)
- [4] All Nobel Prizes in Chemistry. [2023-10-08]. <https://www.nobelprize.org/prizes/lists/all-nobel-prizes-in-chemistry/>
- [5] Hassner, A.; Namboothiri, I. *Organic Syntheses Based on Name Reactions: A Practical Guide to 750 Transformations*, 3rd ed.; Elsevier: Oxford, UK, 2012.
- [6] Verma, D. K.; Dewangan, Y.; Verma, C. *Handbook of Organic Named Reactions: Reagents, Mechanisms and Applications*, 1st ed.; Elsevier: Oxford, UK, 2023.
- [7] Desai, K. R. *Organic Name Reactions*, 1st ed.; Oxford Book Company: Jaipur, India, 2008.
- [8] Laue, T.; Plagens, A. *Named Organic Reactions*, 2nd ed.; John Wiley & Sons Ltd.: West Sussex, UK, 2005.
- [9] 关焯第, 李翠娟, 葛树丰. 有机化学实验(第2版). 北京: 北京大学出版社, 2002.
- [10] 吴美芳, 李琳. 有机化学实验. 北京: 科学出版社, 2013.
- [11] 汪志勇, 查正根, 郑小琦. 实用有机化学实验高级教程. 北京: 高等教育出版社, 2016.
- [12] 李厚金, 石建新, 邹小勇. 基础化学实验. 第2版. 北京: 科学出版社, 2015.
- [13] 王玉良, 陈华. 有机化学实验. 第2版. 北京: 化学工业出版社, 2014.
- [14] 林敏, 周金梅, 阮永红. 小量-半微量-微量有机化学实验. 北京: 高等教育出版社, 2010.
- [15] 李厚金, 朱可佳, 陈六平. 大学化学, 2013, 28 (5), 47.

- [16] 查正根, 郑小琦, 汪志勇. 大学化学, **2009**, *24* (4), 40.
- [17] 周建钟, 郭明, 陶厚璜, 郑泽涛. 大学化学, **2024**, *39* (1), 239.
- [18] 孙娜娜, 邓力克, 孙悦, 顾玮瑾, 王炳祥, 谢兰贵. 大学化学, **2022**, *37* (6), 2108077.
- [19] 全晓塞, 门秀琴, 王军旗, 周颖, 姚俊. 大学化学, **2020**, *35* (4), 103.
- [20] 王辉, 陆洋宁, 朱兴飞, 李妙葵, 高翔. 大学化学, **2010**, *25* (1), 58.
- [21] 张曼, 周俊豪, 华宇成, 任相伟, 赵温涛, 张万东. 大学化学, **2020**, *35* (3), 82.
- [22] 姜文清. 大学化学, **2010**, *25* (2), 42.
- [23] 王文权, 刘萌, 孙康, 刘智峰, 季晓晖, 刘全. 大学化学, **2022**, *37* (7), 2109021.
- [24] 王佳馨, 李子纯, 窦元英, 陈绪朗. 大学化学, **2023**, *38* (4), 331.
- [25] 赵华绒, 吴百乐, 李秀玲, 秦敏锐, 蔡黄菊. 大学化学, **2016**, *31* (8), 76.
- [26] 李厚金, 朱可佳, 郑赛利, 陈六平. 大学化学, **2014**, *29* (5), 75.
- [27] 白银娟, 南志祥, 李珺. 大学化学, **2016**, *31* (8), 81.
- [28] 李翠娟, 吕明泉, 韩淑英, 徐烜峰. 大学化学, **2005**, *20* (2), 44.
- [29] 刘军, 周仕东. 大学化学, **2022**, *37* (12), 2112050.
- [30] 秦丙昌, 付小普, 樊新衡. 大学化学, **2006**, *21* (1), 44.
- [31] 孟祥茹, 李纲. 大学化学, **2021**, *36* (6), 2008065.
- [32] 胡晓允, 马玲, 尹欣然, 陈丹, 周忠强, 张道洪. 大学化学, **2022**, *37* (12), 2111036.
- [33] 刘治彤, 赵子逸, 彭渤, 曲玥名, 田松麟, 俞寿云. 大学化学, **2022**, *37* (2), 2105004.
- [34] 张恒, 幸志荣, 刘冬, 周志彬, 冯文芳. 大学化学, **2023**, *38* (2), 177.
- [35] 查正根, 张振雷, 郑小琦, 汪志勇. 大学化学, **2012**, *27* (6), 51.
- [36] 郑媛, 兰泉, 查正根. 大学化学, **2019**, *34* (6), 53.
- [37] 卢爱党, 李林, 史绍洋, 姜艳军. 大学化学, **2022**, *37* (3), 2105032.
- [38] 关玲, 徐烜峰, 边磊, 高杨, 张奇涵. 大学化学, **2015**, *30* (3), 43.
- [39] 李嘉梁, 汪博宇, 付薪宇, 宋志光, 朱万春, 范勇, 马强, 郭玉鹏. 大学化学, **2020**, *35* (4), 60.
- [40] 李毅群. 大学化学, **2004**, *19* (1), 48.
- [41] 陈沛, 李艳, 陈新兵, 安忠维. 大学化学, **2012**, *27* (2), 59.
- [42] 夏春兰, 卢卫兵, 邓立志, 周晓海, 杨廷贤, 席美云, 安从俊, 颜肖慈, 刘义. 大学化学, **2004**, *19* (1), 45.
- [43] 王静, 宋福想, 左峻泽, 公跃程, 张秉乾, 王书文, 高洪涛. 大学化学, **2023**, *38* (4), 227.
- [44] 黄言吉, 刘斌阳, 余敏, 林敏, 周金梅, 林丽榕. 大学化学, **2023**, *38* (2), 214.
- [45] 汪剑波, 宗乾收, 沈锦锦, 毕成, 吴晨俊. 大学化学, **2016**, *31* (8), 86.
- [46] 金梦诗, 沈佳斌, 徐骏, 章鹏飞, 李万梅. 大学化学, **2022**, *37* (1), 2104034.
- [47] 关玲, 徐烜峰, 张奇涵. 大学化学, **2012**, *27* (3), 45.
- [48] 何田, 顾峥烨, 尹守春. 大学化学, **2019**, *34* (1), 48.
- [49] 孙娜娜, 许傅杰, 金浩哲, 任焕宇, 谢兰贵, 苏志. 大学化学, **2022**, *37* (5), 2110095.
- [50] 王平安, 姚琳, 张东旭, 聂慧芳, 李穆琼, 姜茹. 大学化学, **2021**, *36* (6), 2008040.
- [51] 付伟伟, 易庆, 金霞, 旷香, 汤子晴. 大学化学, **2017**, *32* (6), 82.
- [52] 廖德仲, 张策, 毛立新, 杨涛, 任劭, 许怡学. 大学化学, **2010**, *25* (6), 62.
- [53] 曹燕明, 夏加亮, 罗燕花, 洗银桃, 曾梓诚, 林三清, 徐春曼. 大学化学, **2013**, *28* (6), 29.
- [54] 郭举, 高艺, 胡诗敏, 樊可, 龙思会. 大学化学, **2022**, *37* (6), 2201038.
- [55] 李恺, 卢会杰, 李媛媛, 臧双全, 唐本忠. 大学化学, **2020**, *35* (1), 53.
- [56] 马献涛, 于静, 袁超, 杨硕, 袁格, 曹俊涛. 大学化学, **2023**, *38* (4), 277.
- [57] 王周, 石建新, 彭敏, 郑赛利, 赖璐, 李莲云, 陈六平. 大学化学, **2017**, *32* (12), 53.
- [58] 章金金, 徐洛楠, 何田, 尹守春. 大学化学, **2018**, *33* (8), 37.

- [59] 薛智, 戴先芝, 余列, 杨子松, 洪一艳, 蒲有棋, 周艳, 黄飞. 大学化学, **2022**, *37* (5), 2110046.
- [60] 熊就凯, 赵美娟, 王亚男, 边刚, 戎瑞雪, 王克让. 大学化学, **2020**, *35* (12), 227.
- [61] 王艳艳, 高玲香, 张伟强, 顾泉, 简亚军, 高子伟. 大学化学, **2022**, *37* (12), 2112020.
- [62] 张洪刚, 陈建华, 李胜想, 任相伟, 赵温涛, 张万东. 大学化学, **2016**, *31* (10), 64.
- [63] 李厚金, 许阳, 钟云竹, 章笑研, 朱芳, 陈六平. 大学化学, **2020**, *35* (4), 178.