

文章编号:1674-2869(2009)07-0004-05

一种新的手性单氢钌配合物的合成

尹传奇,杜小秋,冯权武

(武汉工程大学化工与制药学院,绿色化工过程省部共建教育部重点实验室,
湖北省新型反应器与绿色化学工艺重点实验室,湖北 武汉 430074)

摘要: $\text{Ru}(\text{PPh}_3)_3\text{HCl}$ 与 (R,R) -1,2-二苯基乙二胺反应生成配合物 $\text{RuII}((R,R)\text{-PhCHNH}_2)_2\text{Cl}(\text{PPh}_3)_2\text{Cl}$, 通过该配合物与三(1-吡唑基)硼氢化钾反应合成了一种新的手性单氢钌配合物 $\text{TpRuH}((R,R)\text{-PhCHNH}_2)_2\text{Cl}$, 合成的钌配合物分子结构经 FT-IR、NMR 和 EA 证实。

关键词: 手性二胺配体; 手性单氢钌配合物; 比旋光度

中图分类号: O626.11; TQ032.41

文献标识码: A

0 引言

不对称合成方法是制备光学纯化合物的一种重要手段,它包括底物诱导的不对称合成和催化剂诱导的不对称合成,其中最具吸引力的就是手性催化剂诱导的不对称合成^[1],它仅用催化计量的手性催化剂就可以得到大量特定的光学活性产物,既避免了用一般合成方法得到的外消旋体的繁琐拆分又不象化学计量不对称合成那样需要大量的手性物质,因此成为当前化学家研究的热点。第一个不对称催化反应是1966年日本的Noyori研究小组发现的,它利用手性希夫碱与 $\text{Cu}(\text{II})$ 形成的配合物作为催化剂催化环丙烷化反应,得到产物的 ee 值约为 10%^[2]。此后,不对称催化就迅速发展起来,不对称催化反应的类型迅速增加。自 Knowles^[3] 发现手性膦-铑催化剂的不对称催化氢化反应以来,人们设计和合成了大量的新型手性配体,得到了数以百计的新型手性催化剂。这些新型手性催化剂用于各种含双键化合物的不对称氢化反应,具有高催化活性和高立体选择性。

在诸多影响不对称催化活性及立体选择性的因素中,起关键作用的是手性催化剂的结构。钌配合物所用的手性配体包括:氮膦配体^[4-6]、氮氧配体^[7]、氧膦配体^[8]、二胺及叔膦配体^[9-13]等。在近些年的研究中,含手性二胺的单氢钌配合物已应用于潜手性羰基化合物的不对称催化氢化^[8,14-15]、Michael 加成^[16]、Michael 加成/潜手性羰基的不对称催化氢化^[17]等反应中。Morris^[17]认为,手性

二胺单氢钌配合物催化氢化还原潜手性羰基时,通过形成六元环将 H^+/H^- 同时转移到羰基上(图1)。

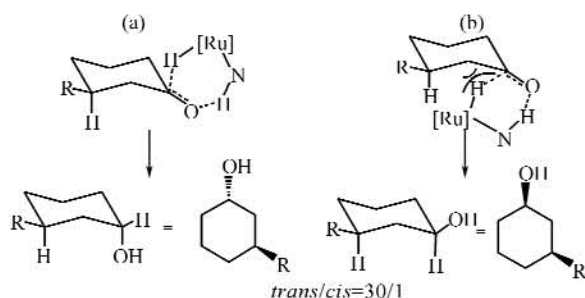


图1 手性二胺单氢钌配合物对潜手性羰基的催化氢化
Fig. 1 Catalytic hydrogenation of prochiral carbonyl group by ruthenium hydride complex containing chiral diamine ligand

笔者研究了单氢钌配合物 $\text{TpRuII}(\text{PPh}_3)(\text{CH}_3\text{CN})$ [$\text{Tp} = \text{hydrotris}(\text{pyrazolyl})\text{borate}$] 催化氢化 CO_2 生成甲酸的反应,发现了催化过程中的醇效应和水效应,催化反应的关键中间体为 $\text{TpRu}(\text{PPh}_3)(\text{ROH})\text{H}$,该中间体可以同时转移氢质子和负氢到接近的 CO_2 分子的 $\text{C}=\text{O}$ 键上生成甲酸^[18-20]。其中 Tp 配体的刚性使其具有较大的空间位阻,若在催化剂中同时引入手性二胺配体,得到的含手性配体的单氢钌配合物可能对潜手性羰基化合物及烯胺等具有良好的不对称催化氢化作用。鉴于此,本研究以 (R,R) 1,2-二苯基乙二胺为手性配体合成了单氢钌手性配合物 $\text{TpRu}[(R,R)\text{-PhCHNH}_2)_2\text{Cl}(\text{PPh}_3)_2\text{Cl}$,旨在为单氢手性钌配合物催化氢化潜手性化合物的机理研究打下基

收稿日期:2009-02-27

基金项目:湖北省自然科学基金(No. 2006ABA282),湖北省教育厅基金(No. D200615005)

作者简介:尹传奇(1966-),男,湖北鄂州人,副教授,博士,研究方向:过渡金属配合物的催化反应。

础。

1 实验部分

1.1 试剂及测试仪器

苯乙酮购自国药集团化学试剂有限公司。 $\text{RuCl}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 、吡啶、硼氢化钠和三苯基膦购自Aldrich公司。(R,R)-1,2-二苯基乙二胺根据文献[21-25]制备。配合物 $\text{TpRu}(\text{PPh}_3)_2\text{Cl}$ 和 $\text{Ru}(\text{PPh}_3)_2\text{IICl}$ 分别按文献[26]和[27]方法制备。溶剂使用前利用 Schlenk 技术进行干燥、蒸馏和脱氧。 CH_2Cl_2 和 Et_2O 用 CaH_2 干燥,甲苯和正己烷用金属钠干燥,四氢呋喃用金属钠干燥(二苯甲酮为指示剂),甲醇、乙醇、异丙醇和叔丁醇用金属镁和碘干燥。氮气、高纯氢气(质量分数为99.99%)从武汉祥云工贸有限公司购买。高压釜购自大连自控设备厂。核磁共振数据由 Bruker DPX 500 核磁共振仪测得, ^1H 和 ^{31}P NMR 的化学位移分别以氘代溶剂残留峰为内标和质量分数为85% H_3PO_4 为外标确定。红外光谱数据由 Nicolet FT-IR420 红外光谱仪测得。旋光度由 PolAAr 30 型单波长自动旋光仪测定。

1.2 三(1吡啶基)硼氢化钾(KTp)的合成

将 5.4 g (0.1 mol) KBH_4 和 27.2 g (0.4 mol) 吡啶加入到 100 mL 装置空气冷凝管的单口烧瓶中,加热使温度快速升到 190 $^\circ\text{C}$ 左右,保持温度反应 4~5 h 后,冷却至 80 $^\circ\text{C}$ 。加入 60 mL 热甲苯,搅拌,待析出白色固体后抽滤,固体依次用 50 mL 热甲苯、50 mL 正己烷和 10 mL 石油醚洗涤,真空干燥,得到白色产物 KTp 18.52 g,产率为 79%。m. p. 191~192 $^\circ\text{C}$ (与文献[28]一致);EA (%): found C 42.90, H 4.23, N 33.40; Calcd $\text{C}_9\text{H}_{10}\text{BKN}_6$: C 42.80, H 3.97, N 33.30。 ^1H NMR (D_2O) δ : 2.43 (d, $J=1.8$ Hz, 2H), 2.82 (d, $J=2.2$ Hz, 2H), 3.85 (t, $J=2.0$ Hz, 2H)。

1.3 $\text{RuH}((R,R)\text{-PhCHNH}_2\text{CHNH}_2\text{Ph})(\text{PPh}_3)_2\text{Cl}$ (1)的合成

将 0.5 g (0.52 mmol) 化合物 $\text{Ru}(\text{PPh}_3)_3\text{HCl}$ 和 0.117 g (0.65 mmol) (R,R)-1,2-二苯基乙二胺加入到 100 mL 的两口圆底烧瓶中,采用 Schlenk 技术用 N_2 置换空气 3 次。用注射器加入 30 mL 干燥脱氧的 THF。混合物在 N_2 条件下回流 6 h,混合物由紫红色逐渐变为浅红色。将混合物浓缩至 2 mL 后,加入 10 mL 正己烷,搅拌,有固体析出,过滤。固体用 THF/正己烷(1:5)重结晶 3 次。常温真空干燥得浅红色固体 0.24 g,产率 40%。IR (KBr, cm^{-1}): 3200~3400 (NH), 1966 (RuII);

^1H NMR (CD_2Cl_2 , 25 $^\circ\text{C}$) δ : -18.73 (t, 1H, RuII), 6.77 (d, 1H, CH), 6.85 (d, 1H, CH), 7.06~7.58 (m, 40H, Ar H); ^{31}P NMR (CD_2Cl_2) δ : 69.5 (s); EA (%): Found C 68.56, H 5.41, N 3.18, P 7.12; Calcd $\text{C}_{50}\text{H}_{47}\text{N}_2\text{ClP}_2\text{Ru}$: C 68.67, H 5.38, N 3.20, P 7.09; $[\alpha]_D^{20} = +51.4^\circ$ ($c=1.0$, 甲醇)。

1.4 $\text{TpRuH}((R,R)\text{-PhCHNH}_2\text{CHNH}_2\text{Ph})$ (2)的合成

将配合物 1 (0.3 g, 0.34 mmol) 和 KTp (0.117 g, 0.5 mmol) 加入到 100 mL 的两口圆底烧瓶中,采用 Schlenk 技术用 N_2 置换空气 3 次。用注射器加入 30 mL 干燥脱氧的 CH_2Cl_2 。混合物在 N_2 条件下室温搅拌 5 h 后,将液体过滤到一个预先脱氧的烧瓶中,浓缩至 2 mL,加入 10 mL 正己烷,搅拌后析出固体。静置一段时间后过滤。固体依次用 10 mL 乙醚和 10 mL 正己烷洗涤,真空干燥得浅黄色固体 0.28 g,产率 70%。IR (KBr, cm^{-1}): 3431 (NH), 2008 (RuH), 2448 (BH); ^1H NMR (CD_2Cl_2 , 25 $^\circ\text{C}$) δ : -14.0 (t, 1H, RuH), 5.32 (s, 2H, CH), 5.50 (d, 2H, Tp-H), 5.83 (d, 1H, Tp-H), 6.57 (s, 1H, Tp-H), 6.71 (s, 2H, Tp-H), 6.97~7.16 (m, 10H, Ar H), 7.41 (d, 2H, Tp-H), 7.74 (d, 1H, Tp-H); EA (%): Calcd $\text{C}_{23}\text{H}_{27}\text{N}_8\text{BRu}$: C 52.33, H 5.12, N 21.24; Found C 52.28, H 5.22, N 21.50; $[\alpha]_D^{20} = +50.8^\circ$ ($c=1.0$, 甲醇)。

1.5 $\text{TpRu}[(R,R)\text{-PhCHNH}_2\text{CHNH}_2\text{Ph}]\text{Cl}$ (3)的合成

将 $\text{TpRu}(\text{PPh}_3)_2\text{Cl}$ (0.5 g, 0.572 mmol) 和 (R,R)-1,2-二苯基乙二胺 (0.1456 g, 0.6864 mmol) 加入到 100 mL 的两口烧瓶中,采用 Schlenk 技术用 N_2 置换空气 3 次后,用注射器加入 40 mL 干燥脱氧的 THF。回流 4 h 后,将反应混合物冷却到室温,在 N_2 保护下滤出液体,残留的固体依次用适量的干燥脱氧 THF、乙醚和正己烷洗涤,真空干燥,得到淡黄色的固体 0.32 g,产率 55%。IR (KBr, cm^{-1}): 2468 (BH), 3300~3400 (NH); ^1H NMR (CDCl_3 , 25 $^\circ\text{C}$) δ : 4.54 (d, 2H, CH); 5.71 (d, 2H, Tp-H), 6.11 (d, 1H, Tp-H), 6.21 (d, 1H, Tp-H), 6.68 (d, 2H, Tp-H), 7.19~7.71 (m, 10H, Ar H), 7.75 (d, 2H, Tp-H), 7.84 (d, 1H, Tp-H); EA (%): Calcd $\text{C}_{23}\text{H}_{26}\text{ClN}_8\text{BRu}$: C 49.12, H 4.63, N 19.93; Found C 49.20, H 4.68, N 19.89; $[\alpha]_D^{20} = +49.3^\circ$ ($c=1.0$, 甲醇)。

2 结果与讨论

2.1 配体 KTp 的合成

如图 2 所示,硼氢化钾和吡唑的反应产物受温度控制.当反应温度为 $90 \sim 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,混合物发生反应,有氢气放出,当温度达到 $171 \sim 172\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,得到二配位化合物;继续升高温度至 $180 \sim 210\text{ }^{\circ}\text{C}$,得到质量分数为 80% 的三配位化合物(KTp),当温度大于 $220\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,得到质量分数为 98% 四配位化合物.本工作中,控制反应温度在 $185 \sim 190\text{ }^{\circ}\text{C}$.和文献[28]中用苯甲醚重结晶不同,实验得到的粗产品直接用干燥的热甲苯、己烷和乙醚洗涤,简化了纯化步骤,所得产品的熔点、红外光谱和核磁共振谱均与文献值一致.

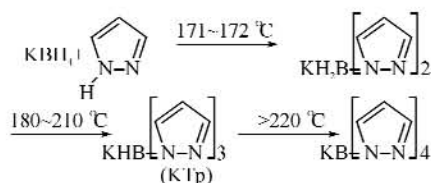


图 2 KTp 的合成

Fig. 2 Synthesis of KTp

2.2 $\text{TpRuH}[(R,R)\text{-PhCHNH}_2\text{CHNH}_2\text{Ph}]$ 的合成

Morris 利用 $\text{Ru}(\text{PPh}_3)_3\text{HCl}$ 与 (R,R) -cyclohexyldiamine 反应合成了手性单氢配合物 $\text{RuHCl}(\text{PPh}_3)_2[(R,R)\text{-cyclohexyldiamine}]$ [27]. 本文采取同样的方法,利用 $\text{Ru}(\text{PPh}_3)_3\text{HCl}$ 与 (R,R) -1,2-二苯基乙二胺反应得到配合物 1 (如图 3 所示). 配合物 1 的比旋光度为 $+51.4^{\circ}$,其红外光谱上 $3200 \sim 3400\text{ cm}^{-1}$ 处出现属于 N-H 键的伸缩振动吸收峰(如图 4 所示), ^{31}P NMR 谱图的 δ 69.5 处出现一个单峰,说明 (R,R) -1,2-二苯基乙二胺的两个氮原子均与金属 Ru 配位,因此,配合物 1 的分子结构为 $\text{RuH}[(R,R)\text{-PhCHNH}_2\text{CHNH}_2\text{Ph}](\text{PPh}_3)_2\text{Cl}$. 配合物 1 再与 KTp 反应合成配合物 2. 配合物 2 的比旋光度为 $+50.8^{\circ}$,其红外光谱上 $3200 \sim 3400$ 、 2448 、 2008 cm^{-1} 处出现分别属于 NH 、 BH 和 Ru-H 键的特征吸收峰(图 4), ^1H NMR 谱图上 $\delta -14.0$ 处出现属于 Ru-H 键负氢的三重峰,在 $\delta 5.50 \sim 7.71$ 区域出现属于配体 Tp 的六个特征峰(图 5),表明配合物中的其它三个配体中有两个是相同的; ^{31}P NMR 谱图上无信号. 上述数据表明,配合物 2 的分子结构应为 $\text{TpRuH}[(R,R)\text{-PhCHNH}_2\text{CHNH}_2\text{Ph}]$.

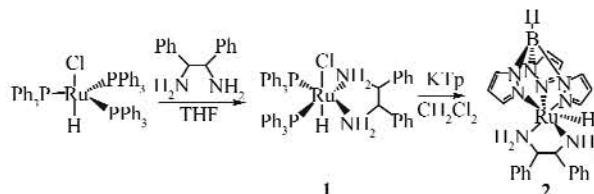
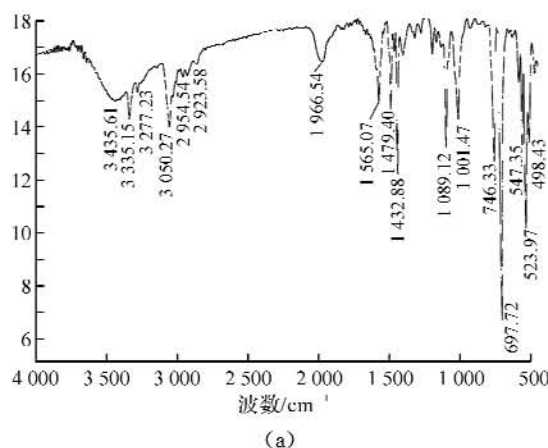
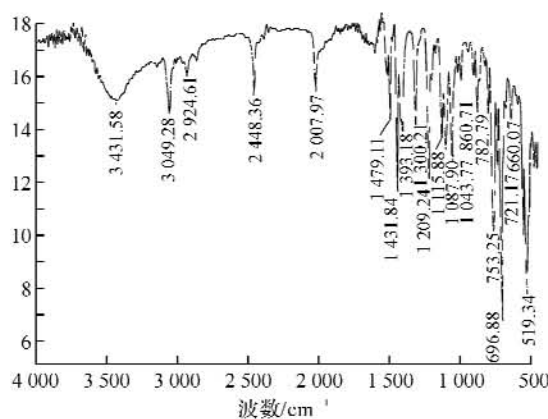


图 3 配合物 1 和 2 的合成

Fig. 3 Synthesis of complexes 1 and 2



(a)



(b)

图 4 配合物 1(a)和 2(b)的红外光谱图

Fig. 4 The FT-IR spectra of complexes 1 (a) and 2 (b)

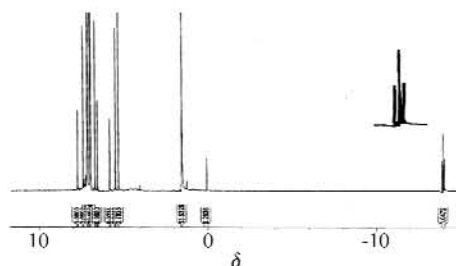


图 5 配合物 2 的 ^1H NMR 图谱(CD_2Cl_2)

Fig. 5 The ^1H NMR spectrum of complex 2

为合成配合物 2,本实验利用 $\text{TpRu}(\text{PPh}_3)_2\text{Cl}$ 与 (R,R) -1,2-二苯基乙二胺反应,合成了配合物 3 (结构如图 6 所示). 试图利用 NaBH_4 或甲醇钠将配合物 3 中的 Ru-Cl 键转变成 Ru-H 键生成配合物 2,结果发现只有少部分配合物 3 转变成另一未知配合物,遗憾的是难以将新的配合物分离出

来.反应液过滤浓缩后得到淡红色固体, ^1H NMR谱图上高场区未见Ru—H键负氢的特征裂分峰,红外图谱上也未出现Ru—H键的特征吸收峰.利用 NaBH_4 还原配合物3不能得到配合物2,原因可能是碱性条件还原过程中生成的Ru—H键被Ru—NH键上的H原子质子化所致^[29].

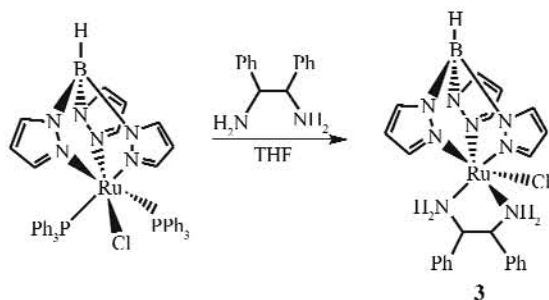


图6 配合物3的合成

Fig. 6 Synthesis of complex 3

3 结 语

a. 合成KTp时须控制温度在185~190℃,粗产品直接用干燥的热甲苯、己烷和乙醚洗涤即可.

b. $\text{Ru}(\text{PPh}_3)_3\text{HCl}$ 与 (R,R) -1,2-二苯基乙二胺反应生成的配合物 $\text{Ru}(\text{H})[(R,R)\text{-PhCHNH}_2\text{CHNH}_2\text{Ph}](\text{PPh}_3)_2\text{Cl}$,与KTp反应可以合成新的手性单氢钌配合物 $\text{TpRuH}[(R,R)\text{-PhCHNH}_2\text{CHNH}_2\text{Ph}]$,但后者不能在碱性条件下通过 NaBH_4 或甲醇钠与 $\text{TpRuCl}[(R,R)\text{-PhCHNH}_2\text{CHNH}_2\text{Ph}]$ 反应制备.

c. 单氢钌配合物 $\text{TpRuH}[(R,R)\text{-PhCHNH}_2\text{CHNH}_2\text{Ph}]$ 由于具有空间障碍和手性,用于含双键($\text{C}=\text{O}$, $\text{C}=\text{N}$ 等)的潜手性化合物的不对称氢化反应,可能具有催化活性和立体选择性.

参考文献:

- [1] Ojima I, Clos N, Bastos C. Recent advances in catalytic asymmetric reactions promoted by transition metal complexes [J]. *Tetrahedron*, 1989, 45 (22): 6901-6939.
- [2] Nozaki H, Moriuti S, Noyori R. Preparation and photochemical isomerization of 2-cyclododecenones [J]. *Tetrahedron*, 1966, 22(4): 1207-1212.
- [3] Vineyard B D, Knowles W S, Sabacky M J, Bachman G L, Wcinkauff D J. Asymmetric hydrogenation. Rhodium chiral bisphosphine catalyst [J]. *J Am Chem Soc*, 1977, 99(18): 5946-5952.
- [4] Guo R, Lough A J, Morris R H, et al. Asymmetric hydrogenation of ketones catalyzed by ruthenium hydride complexes of a beta-aminophosphine ligand derived from norphedrine [J]. *Organometallics*, 2004, 23(23): 5524-5529.
- [5] Abdur-Rashid K, Guo R, Lough A J, et al. Synthesis of ruthenium hydride complexes containing beta-aminophosphine ligands derived from amino acids and their use in the H₂-hydrogenation of ketones and imines [J]. *Adv Syn Catal*, 2005, 347: 571-579.
- [6] Watanabe M, Murata K, Ikariya T. Enantioselective Michael reaction catalyzed by well-defined chiral Ru amido complexes: isolation and characterization of the catalyst intermediate, Ru malonato complex having a metal-carbon bond [J]. *J Am Chem Soc*, 2003, 125 (25): 7508-7509.
- [7] Dahlenburg L, Gotz R. Optisch reine-aminophosphane und-aminophosphinite für die komplexkatalysierte reduktion organische carbonylverbindungen. Molekülstrukturen von [(1R,2R)-Ph₂PCII(Ph)CII(Mc)NII₂Mc]Cl, (1R,2S)-Ph₂PCII(Ph)CII(Mc)NHSO₂Mc und [(1R,2R)-Ph₂PCH(Ph)CH(Mc)NHMc-N, P} Rh (4-1, 5-C₈H₁₂) BF₄ [J]. *J Organometal Chem*, 2001, 619: 88-98.
- [8] Guo R, Elpelt C, Chen X, et al. Modular design of ruthenium catalysts with diamine and BINOL derived phosphinite ligands that are enantiomerically-matched for the effective asymmetric transfer hydrogenation of simple ketones [J]. *Chem Commun*, 2005, 24: 3050-3052.
- [9] Abdur-Rashid K, Faatz M, Lough A J, et al. Catalytic cycle for the asymmetric hydrogenation of prochiral ketones to chiral alcohols: direct hydride and proton transfer from chiral catalysts trans-Ru(H)₂(diphosphine)(diamine) to ketones and direct addition of dihydrogen to the resulting hydridoamido complexes [J]. *J Am Chem Soc*, 2001, 123: 7473-7474.
- [10] Abdur-Rashid K, Clapham S E, Hadzovic A, et al. Mechanism of the hydrogenation of ketones catalyzed by trans-dihydrido (diamine) ruthenium (II) complexes [J]. *J Am Chem Soc*, 2002, 124: 15104-15118.
- [11] Ohkuma T, Ooka H, Hashiguchi S, et al. Practical enantioselective hydrogenation of aromatic ketones [J]. *J Am Chem Soc*, 1995, 117(9): 2675-2676.
- [12] Doucet H, Ohkuma T, Noyori R. trans-[RuCl₂(phosphane)₂(1,2-diamine)] and chiral trans-[RuCl₂(diphosphane)(1,2-diamine)]: shelf-stable precatalysts for the rapid, productive, and stereoselective hydrogenation of ketones [J]. *Angew Chem Int Ed*, 1998, 37(12): 1703-1707.
- [13] Knowles W S, Sabacky M J. Catalytic asymmetric

- hydrogenation employing a soluble, optically active, rhodium complex [J]. *J Chem Soc Chem Commun*, 1968, 1445.
- [14] Ohkuma T, Ooka H, Noyori R. Preferential hydrogenation of aldehydes and ketones [J]. *J Am Chem Soc*, 1995, 117(41): 10417-10418.
- [15] Ohkuma T, Doucet H, Noyori R. Asymmetric activation of racemic ruthenium(II) complexes for enantioselective hydrogenation [J]. *J Am Chem Soc*, 1998, 120(5): 1086-1087.
- [16] Guo R, Chen X, Elpelt C, et al. Applications of ruthenium hydride borohydride complexes containing phosphinite and diamine ligands to asymmetric catalytic reactions [J]. *Org Lett*, 2005, (7): 1757-1759.
- [17] Guo R, Morris R H, Song D. Enantioselective tandem Michael addition/H₂-hydrogenation catalyzed by ruthenium hydride borohydride complexes containing beta-aminophosphine ligands [J]. *J Am Chem Soc*, 2005, 127: 516-517.
- [18] Yin C, Xu Z, Yang S, et al. Promoting effect of water in ruthenium-catalyzed hydrogenation of carbon dioxide to formic acid [J]. *Organometallics*, 2001, 20(6): 1210-1222.
- [19] 尹传奇, 冯权武, 陈瑶, 等. 钌配合物催化氢化 CO₂ 生成甲酸反应中的醇效应, *化学学报*, 2007, 65(8): 722-726.
- [20] 尹传奇, 冯权武, 陈瑶. 过渡金属钌配合物催化氢化 CO₂ 生成甲酸的反应 [J]. *武汉工程大学学报*, 2008, 30(1): 1-6.
- [21] 韩广旬, 赵树伟, 李树文, 等. 有机制备手册 (中卷) [M]. 北京: 石油化学工业出版社, 1997: 262130.
- [22] 陈卫平, 杨福秋. (士)-1,2-二苯基乙二胺的合成及拆分的改进 [J]. *中国医药工业杂志*, 1993, 24(6): 280-281.
- [23] Hawn G G, Chang C A, Douglas B E. Circular dichroism and carbon-13 nuclear magnetic resonance studies of some phenyl-substituted ethylenediamine-N,N,N',N'-tetraacetate analogs [J]. *Inorg Chem*, 1979, 18(5): 1266-1271.
- [24] Williams O F, Bailar J C. The stereochemistry of complex inorganic compounds. XXIV Cobalt stilbenediamine complexes [J]. *J Am Chem Soc*, 1959, 81: 4464-4469.
- [25] Aldrich. Handbook of fine chemicals and laboratory equipment [M]. USA: Sigma-Aldrich Co, 2000-2001: 697-698.
- [26] Chen Y Z, Chan W C, Lau C P, et al. Synthesis of alkyl- and aryl [hydrotris (pyrazolyl) borate] carbonylruthenium complexes by decarbonylation of alcohols. *Organometallics* [J], 1997, 16(6): 1241-1246.
- [27] Abdur-Rashid K, Lough A J, Morris R H. Ruthenium dihydride RuH₂ (PPh₃)₂ ((R, R)-cyclohexyldiamine) and ruthenium monohydride RuHCl(PPh₃)₂ ((R, R)-cyclohexyldiamine): active catalyst and catalyst precursor for the hydrogenation of ketones and imines [J]. *Organometallics*, 2000, 19(14): 2655-2657.
- [28] Trofimenko S. Boron-pyrazole chemistry. II. Poly (1-pyrazolyl)-borates [J]. *J Am Chem Soc*, 1967, 89(13): 3170-3177.
- [29] Cappellani E P, Maltby P A, Steele M R. From cis-dichloride complexes to dihydride complexes of the iron group metals via two successive 2-dihydrogen intermediates [J]. *Inorg Chem*, 1989, 28(25): 4437-4438.

Synthesis of a novel chiral ruthenium hydride complex

YIN Chuan-qi, DU Xiao-qiu, FENG Quan-wu

(School of Chemical Engineering and Pharmacy, Wuhan Institute of Technology; Key Laboratory for Green Chemical Process of Ministry of Education, Hubei Key Lab of Novel Reactor and Green Chemical Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: A novel chiral ruthenium hydride complex was synthesized by potassium hydrotris(pyrazolyl) borate and RuH((R, R)-PhCHNH₂CHNH₂Ph)(PPh₃)₂Cl complex which prepared by Ru(PPh₃)HCl and (R, R)-1,2-diphenylenediamine. The molecular structures of two synthesized complexes were confirmed by FT-IR, NMR spectra and elemental analysis.

Key words: chiral diamine ligand; chiral ruthenium hydride complex; specific rotation

本文编辑: 张 瑞