

无溶剂一锅法合成 *N*-歧化松香基-1,4-二氢吡啶曹宇^{1,2}, 邵宇¹, 王金收¹, 魏世勇¹, 史伯安^{1*}¹湖北民族学院化学与环境工程学院; ²湖北民族学院生物资源保护与利用湖北省重点实验室, 恩施 445000

摘要: 歧化松香胺、醛和 1,3-二羰基化合物在 80 °C 发生 Hantzsch 反应, 以 68% ~ 85% 的产率得到一系列 1,4-二氢吡啶类衍生物。通过 IR、MS、¹H NMR 和元素分析对产物进行了结构表征。

关键词: 歧化松香胺; 1,4-二氢吡啶; 1,3-二羰基化合物; 无溶剂; 一锅法反应

中图分类号: TQ351; O621

文献标识码: A

One-pot Synthesis of *N*-dehydroabietyl-1,4-dihydropyridines under Solvent-free ConditionCAO Yu^{1,2}, SHAO Yu¹, WANG Jin-shou¹, WEI Shi-yong¹, SHI Bo-an^{1*}

¹School of Chemical and Environmental Engineering, Hubei University for Nationalities; ²Key Laboratory of Biological Resources Protection and Utilization of Hubei Province, Hubei University for Nationalities, Enshi 445000, China

Abstract: A one-pot Hantzsch reaction between disproportionated rosin amine and 1,3-dicarbonyl compounds in the presence of aldehydes was carried out at 80 °C. 1,4-Dihydropyridines were obtained in 75%–85% yields. Their structures were characterized by means of IR, ¹H NMR, MS and elemental analysis.

Key words: disproportionated rosin amine; 1,4-dihydropyridine; 1,3-dicarbonyl compound; solvent-free; one-pot reaction

1,4-二氢吡啶类化合物具有抗糖尿病、神经保护及抗血小板凝聚的生理活性, 在生物和医药中广泛地被用作钙离子通道阻滞剂、抗结核剂及神经肽 YY1 受体拮抗剂^[1,2]。在临床应用中不仅可以用于治疗心绞痛、充血性心衰、高血压、局部缺血和动脉粥样硬化等心脑血管疾病^[3-5], 还可以用于肠胃病和治疗肺动脉高压的辅助药物, 因此, 对该类化合物的研究引起了国内外的药物工作者的极大兴趣。近年来, 关于该类化合物的合成研究报道较多, 主要集中于通过改变胺的结构、醛的结构和 1,3-二羰基化合物的结构来对其结构进行修饰; 特别是合成方法的改进更是诸多见于文献, 其中尤以无溶剂一锅法合成将产率提高到了 90% 的高度^[6,7]。

松香是一种廉价的天然产物, 在其骨架中具有多个手性中心和二萜结构, 不仅具有抗癌、抗病毒和抗菌活性, 还具有抗氧化、消炎、抑制胃酸分泌、钾离子通道开发、抗惊厥、防止血吸虫感染等生物活性,

因此被广泛用于医药和农药领域特别是表面活性剂等精细化学品的制备中^[8-10]。本文利用松香的下游产品歧化松香胺, 以它作为胺源与醛及 1,3-二羰基化合物以无溶剂一锅煮的方法发生 Hantzsch 反应, 以较高产率得到了松香的改性产品; 并且实验中以拼合原理, 首次将松香和 1,4-二氢吡啶两个活性亚结构拼接在一起, 以期得到新的先导化合物。这对于充分利用松香这一天然资源, 开发松香资源产品和研究松香深加工方法具有一定的理论意义。有关合成路线如图 1 所示。

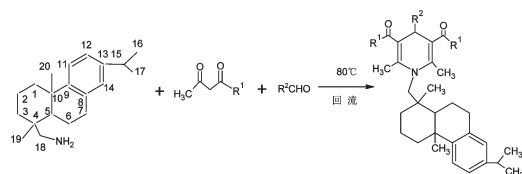


图 1 1,4-二氢吡啶的合成路线

Fig. 1 Synthetic route of 1,4-dihydropyridines

1 材料与方法

1.1 原料、试剂与仪器

歧化松香胺(工业级)购自广西梧州松脂厂, 其他试剂均为国药集团分析纯。

收稿日期: 2014-03-04 接受日期: 2014-09-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(21363007); 湖北省自然科学基金项目(2012FFC02401); 国家民委项目(12HBZ007); 广西林产化学与工程自治区重点实验室项目(GXFC12-02, GXFC14-07)

* 通讯作者 E-mail: shiboan@163.com

XL 400MHz 核磁共振仪(德国 Bruker 公司); Bruker Esquire 3000 质谱仪; PE-983 型红外光谱仪(KBr 压片, 美国 Nicolet 公司); Vario EL III CHNSO 元素分析仪(德国 Elementar 公司); X-6 型显微熔点测定仪(北京泰克仪器有限公司)。

1.2 目标化合物的合成

取 0.1 mol 芳香醛和 0.22 mol 1,3-二羰基化合物, 充分搅拌, 然后加入 0.1 mol 歧化松香胺, 加热

至 80 °C, 搅拌回流 2 h。冷却至室温, 用大量蒸馏水冲洗 3 次, 固体用无水乙醇重结晶, 有大量淡黄色结晶析出, 抽滤, 得产品 **a** ~ **n**。

2 结果与分析

2.1 目标化合物 **a** ~ **n** 的结构表征

对目标化合物进行了熔点测定、红外光谱、质谱、元素分析和核磁氢谱表征。物理化学常数见表 1。

表 1 化合物 **a** ~ **n** 的结构及物理化学常数

Table 1 Structure, physical constants and elemental analysis data of compounds **a** ~ **n**

化合物 Compounds	R ¹	R ²	熔点 Melting point(°C)	产率 Yield(%)	元素分析 Elemental analysis		
					C	H	N
a	EtO	C ₆ H ₅	187 ~ 188	80	78.24(78.26)	8.52(8.53)	2.35(2.34)
b	EtO	4-MeC ₆ H ₄	102 ~ 103	82	78.44(78.43)	8.65(8.66)	2.31(2.29)
c	EtO	4-FC ₆ H ₄	190 ~ 191	85	75.96(75.97)	8.12(8.12)	2.27(2.28)
d	EtO	4-ClC ₆ H ₄	195 ~ 196	84	74.04(74.05)	7.92(7.91)	2.22(2.21)
e	EtO	4-BrC ₆ H ₄	200 ~ 201	84	69.13(69.13)	7.38(7.39)	2.08(2.07)
f	EtO	2-HOC ₆ H ₄	152 ~ 153	73	76.23(76.22)	8.31(8.31)	2.28(2.28)
g	EtO	4-HO-3-MeOC ₆ H ₄	138 ~ 139	71	74.52(74.53)	8.22(8.23)	2.18(2.17)
h	EtO	4-MeOC ₆ H ₄	124 ~ 125	69	76.44(76.43)	8.45(8.44)	2.23(2.23)
i	EtO	2,4-Cl ₂ C ₆ H ₄	216 ~ 217	68	70.17(70.16)	7.36(7.35)	2.09(2.10)
j	EtO	4-NO ₂ C ₆ H ₄	245 ~ 246	85	72.77(72.78)	7.78(7.78)	4.35(4.35)
k	EtO	2-Furyl	142 ~ 143	75	75.52(75.51)	8.33(8.33)	2.37(2.38)
l	Me	C ₆ H ₅	206 ~ 207	22	87.14(87.14)	9.74(9.75)	2.91(2.90)
m	Me	4-ClC ₆ H ₄	214 ~ 215	25	81.41(81.40)	8.92(8.91)	2.70(2.71)
n	Me	4-NO ₂ C ₆ H ₄	266 ~ 267	18	79.69(79.70)	8.73(8.73)	5.32(5.31)

化合物 **a** 淡黄色固体, ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) δ: 7.26 ~ 7.31 (2H, m, 3, 5-C₆H₅), 7.21 (1H, d, *J* = 8.2 Hz, H-11), 7.11 ~ 7.15 (3H, m, 2, 4, 6-C₆H₅), 7.02 (1H, d, *J* = 8.2 Hz, H-12), 6.87 (1H, s, H-14), 5.01 (1H, s, ArCH), 4.05 (4H, q, OCH₂), 3.96 (2H, s, H-18), 2.72 ~ 2.91 (3H, m, H-7, H-15), 2.41 (1H, d, *J* = 12.4 Hz, H-1), 2.34 (6H, s, C = CNCH₃), 1.68 ~ 1.96 (6H, m, H-2, H-3, H-5, H-6), 1.52 ~ 1.55 (5H, m, H-1, H-6, H-19), 1.32 (6H, t, OMeCH₃), 1.25 (3H, m, H-20), 1.20 (6H, d, *J* = 7.0 Hz, H-16, H-17); ESI-MS *m/z*: 599 ([M + H]⁺); IR (KBr) ν: 2987, 1635, 1518, 1496, 1382, 1361 cm⁻¹。

化合物 **b** 淡黄色固体, ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) δ: 7.25 ~ 7.28 (2H, m, 3, 5-C₆H₄), 7.21 (1H, d, *J* = 8.2 Hz, H-11), 7.11 ~ 7.15 (2H, m, 2, 6-

C₆H₄), 7.02 (1H, d, *J* = 8.2 Hz, H-12), 6.87 (1H, s, H-14), 5.01 (1H, s, PhCH), 4.05 (4H, q, OCH₂), 3.96 (2H, s, H-18), 2.72 ~ 2.91 (3H, m, H-7, H-15), 2.38 (1H, d, *J* = 12.4 Hz, H-1), 2.34 (6H, s, C = CNCH₃), 2.28 (3H, s, PhCH₃), 1.68 ~ 1.95 (6H, m, H-6, H-2, H-3, H-5), 1.51 ~ 1.55 (5H, m, H-1, H-6, H-19), 1.32 (6H, t, OMeCH₃), 1.26 (3H, m, H-20), 1.20 (6H, d, *J* = 7.0 Hz, H-16, H-17); ESI-MS *m/z*: 613 ([M + H]⁺); IR (KBr) ν: 2990, 1636, 1515, 1493, 1386, 1364 cm⁻¹。

化合物 **c** 淡黄色固体, ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) δ: 7.27 ~ 7.35 (4H, m, C₆H₄), 7.21 (1H, d, *J* = 8.2 Hz, H-11), 7.02 (1H, d, *J* = 8.2 Hz, H-12), 6.87 (1H, s, H-14), 5.01 (1H, s, PhCH), 4.05 (4H, q, OCH₂), 3.96 (2H, s, H-18), 2.72 ~ 2.91 (3H, m, H-7, H-15), 2.38 (1H, d, *J* = 12.4 Hz, H-

1), 2.34 (6H, s, C = CNCH₃), 1.68 ~ 1.95 (6H, m, H-6, H-2, H-3, H-5), 1.51 ~ 1.55 (5H, m, H-1, H-6, H-19), 1.32 (6H, t, OMeCH₃), 1.26 (3H, m, H-20), 1.20 (6H, d, *J* = 7.0 Hz, H-16, H-17); ESI-MS *m/z*: 617 ([M + H]⁺); IR (KBr) ν : 2988, 1634, 1512, 1493, 1386, 1363 cm⁻¹。

化合物 d 淡黄色固体, ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 7.30 ~ 7.34 (4H, m, C₆H₄), 7.21 (1H, d, *J* = 8.2 Hz, H-11), 7.02 (1H, d, *J* = 8.2 Hz, H-12), 6.87 (1H, s, H-14), 5.01 (1H, s, PhCH), 4.05 (4H, q, OCH₂), 3.96 (2H, s, H-18), 2.72 ~ 2.91 (3H, m, H-7, H-15), 2.38 (1H, d, *J* = 12.4 Hz, H-1), 2.34 (6H, s, C = CNCH₃), 1.68 ~ 1.95 (6H, m, H-6, H-2, H-3, H-5), 1.51 ~ 1.55 (5H, m, H-1, H-6, H-19), 1.32 (6H, t, OMeCH₃), 1.26 (3H, m, H-20), 1.20 (6H, d, *J* = 7.0 Hz, H-16, H-17); ESI-MS *m/z*: 633 ([M + H]⁺); IR (KBr) ν : 2989, 1638, 1512, 1497, 1385, 1366 cm⁻¹。

化合物 e 淡黄色固体, ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 7.29 ~ 7.35 (4H, m, C₆H₄), 7.21 (1H, d, *J* = 8.2 Hz, H-11), 7.02 (1H, d, *J* = 8.2 Hz, H-12), 6.87 (1H, s, H-14), 5.01 (1H, s, PhCH), 4.05 (4H, q, OCH₂), 3.96 (2H, s, H-18), 2.72 ~ 2.91 (3H, m, H-7, H-15), 2.38 (1H, d, *J* = 12.4 Hz, H-1), 2.34 (6H, s, C = CNCH₃), 1.68 ~ 1.95 (6H, m, H-6, H-2, H-3, H-5), 1.51 ~ 1.55 (5H, m, H-1, H-6, H-19), 1.32 (6H, t, OMeCH₃), 1.26 (3H, m, H-20), 1.20 (6H, d, *J* = 7.0 Hz, H-16, H-17); ESI-MS *m/z*: 678 ([M + H]⁺); IR (KBr) ν : 2985, 1633, 1515, 1496, 1385, 1365 cm⁻¹。

化合物 f 淡黄色固体, ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 7.21 (1H, d, *J* = 8.2 Hz, H-11), 7.02 (1H, d, *J* = 8.2 Hz, H-12), 6.87 (1H, s, H-14), 6.70 ~ 6.82 (4H, m, C₆H₄), 5.41 (1H, s, OH), 5.01 (1H, s, PhCH), 4.05 (4H, q, OCH₂), 3.96 (2H, s, H-18), 2.72 ~ 2.91 (3H, m, H-7, H-15), 2.38 (1H, d, *J* = 12.4 Hz, H-1), 2.34 (6H, s, C = CNCH₃), 1.68 ~ 1.95 (6H, m, H-6, H-2, H-3, H-5), 1.51 ~ 1.55 (5H, m, H-1, H-6, H-19), 1.32 (6H, t, OMeCH₃), 1.26 (3H, m, H-20), 1.20 (6H, d, *J* = 7.0 Hz, H-16, H-17); ESI-MS *m/z*: 615 ([M + H]⁺); IR (KBr) ν : 2986, 1638, 1513, 1496, 1382, 1365 cm⁻¹。

化合物 g 淡黄色固体, ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 7.21 (1H, d, *J* = 8.2 Hz, H-11), 7.02 (1H, d, *J* = 8.2 Hz, H-12), 6.87 (1H, s, H-14), 6.79 ~ 6.82 (3H, m, C₆H₃), 5.47 (1H, s, OH), 5.01 (1H, s, PhCH), 4.05 (4H, q, OCH₂), 3.96 (2H, s, H-18), 3.82 (3H, s, PhOCH₃), 2.72 ~ 2.91 (3H, m, H-7, H-15), 2.38 (1H, d, *J* = 12.4 Hz, H-1), 2.34 (6H, s, C = CNCH₃), 1.68 ~ 1.95 (6H, m, H-6, H-2, H-3, H-5), 1.51 ~ 1.55 (5H, m, H-1, H-6, H-19), 1.26 (3H, m, H-20), 1.32 (6H, t, OMeCH₃), 1.20 (6H, d, *J* = 7.0 Hz, H-16, H-17); ESI-MS *m/z*: 645 ([M + H]⁺); IR (KBr) ν : 2984, 1632, 1514, 1493, 1384, 1365 cm⁻¹。

化合物 h 淡黄色固体, ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 7.21 (1H, d, *J* = 8.2 Hz, H-11), 7.02 (1H, d, *J* = 8.2 Hz, H-12), 6.71 ~ 6.80 (4H, m, C₆H₄), 6.87 (1H, s, H-14), 5.01 (1H, s, PhCH), 4.05 (4H, q, OCH₂), 3.96 (2H, s, H-18), 3.82 (3H, s, PhOCH₃), 2.72 ~ 2.91 (3H, m, H-7, H-15), 2.38 (1H, d, *J* = 12.4 Hz, H-1), 2.34 (6H, s, C = CNCH₃), 1.68 ~ 1.95 (6H, m, H-6, H-2, H-3, H-5), 1.51 ~ 1.55 (5H, m, H-1, H-6, H-19), 1.32 (6H, t, OMeCH₃), 1.26 (3H, m, H-20), 1.20 (6H, d, *J* = 7.0 Hz, H-16, H-17); ESI-MS *m/z*: 629 ([M + H]⁺); IR (KBr) ν : 2982, 1639, 1513, 1496, 1384, 1365 cm⁻¹。

化合物 i 淡黄色固体, ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 7.21 (1H, d, *J* = 8.2 Hz, H-11), 7.12 ~ 7.17 (3H, m, C₆H₃), 7.02 (1H, d, *J* = 8.2 Hz, H-12), 6.87 (1H, s, H-14), 5.01 (1H, s, PhCH), 4.05 (4H, q, OCH₂), 3.96 (2H, s, H-18), 2.72 ~ 2.91 (3H, m, H-7, H-15), 2.38 (1H, d, *J* = 12.4 Hz, H-1), 2.34 (6H, s, C = CNCH₃), 1.68 ~ 1.95 (6H, m, H-6, H-2, H-3, H-5), 1.51 ~ 1.55 (5H, m, H-1, H-6, H-19), 1.32 (6H, t, OMeCH₃), 1.26 (3H, m, H-20), 1.20 (6H, d, *J* = 7.0 Hz, H-16, H-17); ESI-MS *m/z*: 668 ([M + H]⁺); IR (KBr) ν : 2985, 1635, 1514, 1493, 1384, 1365 cm⁻¹。

化合物 j 淡黄色固体, ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 7.71 ~ 7.79 (2H, m, 3,5-C₆H₄), 7.42 ~ 7.53 (2H, m, 2,6-C₆H₄), 7.21 (1H, d, *J* = 8.2 Hz, H-11), 7.02 (1H, d, *J* = 8.2 Hz, H-12), 6.87 (1H, s, H-14), 5.01 (1H, s, PhCH), 4.05 (4H, q, OCH₂),

3.96 (2H, s, H-18), 2.72 ~ 2.91 (3H, m, H-7, H-15), 2.38 (1H, d, $J = 12.4$ Hz, H-1), 2.34 (6H, s, C = CNCH₃), 1.68 ~ 1.95 (6H, m, H-6, H-2, H-3, H-5), 1.51 ~ 1.55 (5H, m, H-1, H-6, H-19), 1.32 (6H, t, OMeCH₃), 1.26 (3H, m, H-20), 1.20 (d, 6H, $J = 7.0$ Hz, H-16, H-17); ESI-MS m/z : 644 ($[M + H]^+$); IR (KBr) ν : 2983, 1636, 1519, 1496, 1387, 1365 cm⁻¹。

化合物 k 淡黄色固体, ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 7.26 (1H, s, 5-Fural-H), 7.21 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-11), 7.02 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-12), 6.87 (1H, s, H-14), 6.24 (1H, m, 4-Fural-H), 6.05 (1H, d, $J = 3.6$ Hz, 3-Fural-H), 5.01 (1H, s, PhCH), 4.05 (4H, q, OCH₂), 3.96 (2H, s, H-18), 2.72 ~ 2.91 (3H, m, H-7, H-15), 2.38 (1H, d, $J = 12.4$ Hz, H-1), 2.34 (6H, s, C = CNCH₃), 1.68 ~ 1.95 (6H, m, H-6, H-2, H-3, H-5), 1.51 ~ 1.55 (5H, m, H-1, H-6, H-19), 1.32 (6H, t, OMeCH₃), 1.26 (3H, m, H-20), 1.20 (6H, d, $J = 7.0$ Hz, H-16, H-17); ESI-MS m/z : 589 ($[M + H]^+$); IR (KBr) ν : 2986, 1634, 1518, 1496, 1381, 1365 cm⁻¹。

化合物 l 淡黄色固体, ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 7.26 ~ 7.31 (2H, m, 3, 5-C₆H₅), 7.21 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-11), 7.11 ~ 7.15 (3H, m, 2, 4, 6-C₆H₅), 7.02 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-12), 6.87 (1H, s, H-14), 5.01 (1H, s, PhCH), 4.23 (6H, s, OCH₃), 3.96 (2H, s, H-18), 2.72 ~ 2.91 (3H, m, H-7, H-15), 2.38 (1H, d, $J = 12.4$ Hz, H-1), 2.34 (6H, s, C = CNCH₃), 1.68 ~ 1.95 (6H, m, H-6, H-2, H-3, H-5), 1.51 ~ 1.55 (5H, m, H-1, H-6, H-19), 1.26 (3H, m, H-20), 1.20 (6H, d, $J = 7.0$ Hz, H-16, H-17); ESI-MS m/z : 483 ($[M + H]^+$); IR (KBr) ν : 2985, 1634, 1516, 1492, 1381, 1365 cm⁻¹。

化合物 m 淡黄色固体, ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 7.30 ~ 7.34 (2H, m, 3, 5-C₆H₄), 7.21 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-11), 7.04 ~ 7.10 (2H, m, 2, 6-C₆H₄), 7.02 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-12), 6.87 (1H, s, H-14), 5.01 (1H, s, PhCH), 3.96 (2H, s, H-18), 5.01 (1H, s, PhCH), 4.23 (6H, s, OCH₃), 3.96 (2H, s, H-18), 2.72 ~ 2.91 (3H, m, H-7, H-15), 2.38 (1H, d, $J = 12.4$ Hz, H-1), 2.34 (6H, s, C = CNCH₃), 1.68 ~ 1.95 (6H, m, H-6, H-2, H-3, H-5), 1.51 ~ 1.55 (5H, m, H-1, H-6, H-19), 1.26 (3H, m,

H-20), 1.20 (6H, d, $J = 7.0$ Hz, H-16, H-17); ESI-MS m/z : 517 ($[M + H]^+$); IR (KBr) ν : 2987, 1638, 1513, 1498, 1385, 1365 cm⁻¹。

化合物 n 淡黄色固体, ¹H NMR (400 MHz, CDCl₃) δ : 7.71 ~ 7.79 (2H, m, 3, 5-C₆H₄), 7.42 ~ 7.53 (2H, m, 2, 6-C₆H₄), 7.21 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-11), 7.02 (1H, d, $J = 8.2$ Hz, H-12), 6.87 (1H, s, H-14), 5.01 (1H, s, PhCH), 4.23 (6H, s, OCH₃), 3.96 (2H, s, H-18), 2.72 ~ 2.91 (3H, m, H-7, H-15), 2.38 (1H, d, $J = 12.4$ Hz, H-1), 2.34 (6H, s, C = CNCH₃), 1.68 ~ 1.95 (6H, m, H-6, H-2, H-3, H-5), 1.51 ~ 1.55 (5H, m, H-1, H-6, H-19), 1.26 (3H, m, H-20), 1.20 (6H, d, $J = 7.0$ Hz, H-16, H-17); ESI-MS m/z : 528 ($[M + H]^+$); IR (KBr) ν : 2983, 1636, 1519, 1496, 1387, 1365 cm⁻¹。

2.2 目标化合物的结构解析

目标化合物的 IR 中出现苯环和歧化松香的特征伸缩震动吸收峰; ¹H NMR 中各氢的化学位移都有清晰的归属; 质谱数据中分子离子峰和对应化合物的分子量相符; 元素分析数值与计算值吻合良好。

3 结论

无溶剂条件下, 以歧化松香胺、芳香醛和 1,3-二羰基化合物为原料, 一锅法合成了 *N*-歧化松香基-1,4-二氢吡啶化合物。其中选乙酰乙酸乙酯为 1,3-二羰基化合物合成时产率达到 68% ~ 85%。对合成的目标化合物均进行了元素分析、质谱、红外和核磁共振氢谱表征。

参考文献

- 1 Chen GH (陈国华), Wang L (王丽), Yao XM (姚秀梅). Synthesis and biological activity of dihydropyridine calcium antagonists. *Chin J Org Chem* (有机化学), 2010, 30: 997-1004.
- 2 Deng L (邓兰), Xu MX (徐鸣夏). Study on synthesis and Ca²⁺ antagonizing activity of piperazine substituted new dihydropyridine derivatives. *Chin J Pharm* (中国医药工业杂志), 2002, 33: 472-474.
- 3 Zeng RJ (曾荣今), Yao F (姚飞), Wang H (王慧), et al. Synthesis of novel 1,4-dihydropyridine tailed porphyrin compounds and investigation of their antibacterial activity. *Chin J Org Chem* (有机化学), 2012, 32: 1270-1277.