

一种蒽醌基氟硼化合物光学和黏度性能研究*

周 昊, 梁 芮, 杨舒帆, 高树林, 杨艳华**

(昆明学院 化学化工学院, 云南 昆明 650214)

[摘 要] 蒽醌基团由于独特的生化活性, 已被广泛应用于药物研发和生物探针领域. 为进一步探究蒽醌化化合物的光学性能, 以 2-氨基蒽醌为原料, 经亲核取代反应、还原反应、亲核加成反应和配位反应, 制备出一种含有蒽醌基团的氟硼化合物, 并对其进行光学性能测试. 结果表明, 该化合物在不同极性有机溶剂中显示分子内电荷转移特性, 在四氢呋喃/水和甲醇/甘油混合溶剂中, 分别具有聚集诱导发光性能和黏度特性.

[关键词] 蒽醌基团; 氟硼化合物; 聚集诱导发光; 黏度特性

[中图分类号] O626.32; O622.6 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1674-5639(2024)03-0076-06

DOI: 10.14091/j.cnki.kmxyxb.2024.03.010

在蒽核的 9-和 10-号位有酮基的蒽醌基团, 被用于制备各种蒽醌类化合物, 广泛用于阿霉素、柔红霉素和米托蒽醌等用于抗生素类和治疗癌症的药物中^[1]. 此外, 蒽醌也是一种天然色素, 因其高的光稳定性、高的可见光吸收率和高激发态还原电位, 可作为有机催化剂而被广泛应用于纺织工业和光氧化反应中^[2]. 再者, 蒽醌由于具有强的共轭结构和电子传输能力^[3], 高的荧光量子产率和结构易修饰等特点^[4], 在荧光材料与器件领域有潜在应用价值. 例如, 泰国清迈大学 Thavornmyutikarm 等人将具备光稳定性和结构可修饰的蒽醌基团作为化学传感器的信号单元, 合成一种可痕量检测具有 d¹⁰结构的 Zn(II)和 Cd(II)离子的荧光传感器. 该传感器具有快速、可重复信息高和检测限值低等优点^[5]. 清华大学段炼课题组通过结构修饰, 将蒽醌中的一个苯环融合成咪唑基团的一部分, 减小桥链苯基和分子量, 一方面可降低器件工作期间的热效应使物质挥发, 另一方面, 可减小蒽醌分子骨架的自由旋转, 减弱非辐射跃迁途径, 使得共轭分子发射红移. 制备的蒽醌化合物具有高的光致发光量子效率和有效的反向系间窜越, 可用于构建发射红光的热激活延迟荧光敏化磷光有机发光二极管^[6]. 天津大学李祥高和天津城建大学谈廷凤等人, 以蒽醌作为电子受体, 三苯胺为电子供体, 合成了 5 种蒽醌衍生物. 结果表明, 该 5 种衍生物在不同的有机溶剂中具有显著的溶剂化变色荧光性能, 可作为检测低极性溶剂的探针^[7].

在前期的氟硼化合物研究中, 课题组发现 N⁺O⁻配位的氟硼化合物不仅具有优异的聚集诱导发光特性, 而且还具有力致荧光变色性能^[8], 在信息存储安全纸领域有潜在应用^[9,10]. 基于以上因素, 以 2-氨基蒽醌为分子骨架, 经亲核取代反应, 将蒽醌基团中的一个苯环融入三苯胺基团中, 增强分子共轭效应. 同时, 引入氟硼核, 可合成一种具有蒽醌结构的氟硼化合物, 并探究其光学性能.

1 实验部分

1.1 试剂和仪器

2-氨基蒽醌 (80.0%)、氟化铯 (99.0%)、锡粉 (99.5%)、三氟化硼乙醚 (98.0%) 和三乙胺 (99.5%), 购自上海麦克林生化科技股份有限公司; 4-氟硝基苯 (98.0%) 购自北京百灵威科技有限公司; 3,5-二叔丁基水杨醛 (98.0%) 购自上海皓鸿生物医药科技有限公司; 商用二氯甲烷经氢化钙常

* [收稿日期] 2023-10-18

[作者简介] 周昊, 男, 云南会泽人, 昆明学院在读本科生, 研究方向为光电功能材料.

** [通信作者] 杨艳华, 男, 云南昆明人, 昆明学院副教授, 博士, 研究方向为光电功能材料, E-mail: yh_yangkmu@126.com.

[基金项目] 云南省“兴滇英才支持计划”青年人才专项项目 (ZX20230278); 昆明学院引进人才科研项目 (YJL2008).

压蒸馏制备无水二氯甲烷, 合成用有机试剂为化学纯, 测试用有机试剂为光谱级。

BrukerAvance II-400 型核磁共振仪和天光新光学 RY-1G 型熔点仪分别测试化合物的核磁共振图谱和熔点; 岛津 UV-2450 型紫外-可见分光光度计和安捷伦 CaryEclipse 型荧光分光光度计分别测试化合物的紫外-可见吸收光谱和荧光发射光谱, 测试的化合物浓度为 1×10^{-5} mol/L; Gaussian 09 软件包在 B3LYP/6-31G 水平对化合物进行量子化学计算。

1.2 实验步骤

化合物的合成过程如图 1 所示, 具体步骤如下:

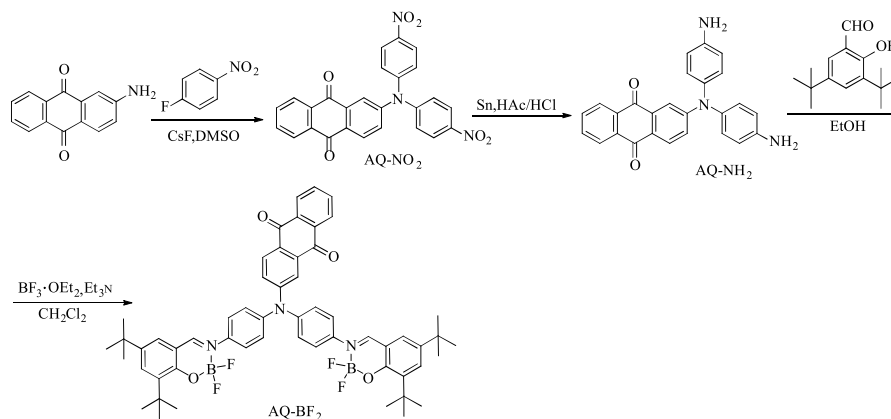


图 1 化合物 AQ-BF₂ 的合成路线

1.2.1 2-(双(4-硝基苯基)胺基)蒽-9,10-二酮(AQ-NO₂)的合成

氮气保护下, 100 mL 烧瓶中依次加入 2-氨基蒽醌 (4.46 g, 0.02 mol)、氟化铯 (6.2 g, 0.041 mol)、4-氟硝基苯 (5.8 g, 0.041 mol) 和二甲亚砜 (60 mL), 120 °C 下反应 24 h. 冷却至室温, 反应液倒入甲醇 (150 mL) 中搅拌 30 min, 抽滤, 滤饼烘干. 柱层析提纯 (淋洗剂: 二氯甲烷), 得 4.2 g 化合物 AQ-NO₂ (C₂₆H₁₅N₃O₆), 产率 45.16%, 熔点 248 °C. ¹H-NMR (400 MHz, DMSO-*d*₆) δ 8.28 (d, *J* = 9.2 Hz, 4H, ArH), 8.24 ~ 8.19 (m, 2H, ArH), 8.16 ~ 8.14 (m, 1H, ArH), 7.97 ~ 7.89 (m, 2H, ArH), 7.82 (d, *J* = 2.4 Hz, 1H, ArH), 7.68 (dd, *J* = 2.4 Hz, 8.4 Hz, 1H, ArH), 7.40 (d, *J* = 9.2 Hz, 4H, ArH). ¹³C-NMR (101 MHz, DMSO-*d*₆) δ 182.49, 181.68, 151.28, 150.61, 143.97, 135.31, 135.28, 134.96, 133.51, 133.35, 130.34, 129.95, 129.77, 127.29, 127.27, 126.26, 125.19, 122.01.

1.2.2 2-(双(4-氨基苯基)胺基)蒽-9,10-二酮(AQ-NH₂)的合成

氮气保护下, 250 mL 三口烧瓶中依次加入化合物 AQ-NO₂ (2.33 g, 5 mmol)、锡粉 (3.6 g, 31 mmol)、冰醋酸 (100 mL) 和浓盐酸 (50 mL), 100 °C 下反应 8 h. 冷却至室温, 氢氧化钾溶液中和至 pH 为碱性, 抽滤, 烘干滤饼. 柱层析提纯 (淋洗剂: 乙酸乙酯/正己烷 (V/V) = 1/2) 得 1.02 g 化合物 AQ-NH₂ (C₂₆H₁₉N₃O₆), 产率 25.2%, 熔点 278 °C. ¹H-NMR (400 MHz, DMSO-*d*₆) δ 8.16 (dd, *J* = 1.2 Hz, 7.6 Hz, 1H, ArH), 8.10 (dd, *J* = 1.6 Hz, 7.2 Hz, 1H, ArH), 7.95 (d, *J* = 8.8 Hz, 1H, ArH), 7.90 (dt, *J* = 1.2 Hz, 7.2 Hz, 1H, ArH), 7.85 (dt, *J* = 1.6 Hz, 7.2 Hz, 1H, ArH), 7.22 (d, *J* = 2.8 Hz, 1H, ArH), 6.99 (d, *J* = 8.4 Hz, 4H, ArH), 6.91 (dd, *J* = 2.4 Hz, 8.8 Hz, 1H, ArH), 6.63 (d, *J* = 8.4 Hz, 4H, ArH), 5.25 (s, 4H, -NH₂). ¹³C NMR (101 MHz, DMSO-*d*₆) δ 183.64, 180.60, 154.86, 147.96, 134.96, 134.70, 134.15, 134.03, 133.70, 133.49, 129.63, 128.56, 126.98, 126.89, 122.48, 119.15, 115.34, 111.14.

1.2.3 2-(双(4-(6,8-二-叔丁基-2,2-二氟-2H-2λ⁴,3λ⁴-苯并[e][1,3,2]氧杂硼烷-3-基)苯基)胺基)蒽-9,10-二酮(AQ-BF₂)的合成

氮气保护下, 100 mL 三口烧瓶中依次加入化合物 AQ-NH₂ (0.81 g, 2 mmol)、3,5-二叔丁基水杨醛 (0.84 g, 3.6 mmol) 和乙醇 (60 mL), 100 °C 下反应 8 h. 冷却至室温, 旋除反应液, 收集粗产品.

取该固体于 50 mL 三口烧瓶中, 并加入无水二氯甲烷 (25 mL) 和三乙胺 (1 mL, 7.2 mmol), 搅拌 10 min 后, 滴加三氟化硼乙醚 (1 mL, 7.8 mmol), 30 °C 下反应 24 h. 饱和碳酸氢钠溶液 (3 × 80 mL) 萃取, 合并有机层, 蒸馏水 (2 × 100 mL) 萃取, 旋除有机溶剂. 柱层析提纯 (淋洗剂: 二氯甲烷/石油醚 (V/V) = 5/4) 得 0.42 g 化合物 AQ-BF₂ (C₄₆H₅₇B₂F₄N₃O₄), 产率 22.5%, 熔点 269 °C. ¹H-NMR (400 MHz, DMSO-d₆) δ 9.23 (s, 2H, -CH=N-), 8.23 ~ 8.15 (m, 3H, ArH), 7.96 ~ 7.88 (m, 2H, ArH), 7.80 (d, J = 8.8 Hz, 4H, ArH), 7.71 (d, J = 1.2 Hz, 4H, ArH), 7.65 (d, J = 2.4 Hz, 1H, ArH), 7.48 (d, J = 8.8 Hz, 4H, ArH), 7.42 (dd, J = 2.8 Hz, 8.8 Hz, 1H, ArH), 1.44 (s, 18H, -CH₃), 1.32 (s, 18H, -CH₃). ¹³C-NMR (101 MHz, DMSO-d₆) δ 183.02, 181.36, 166.88, 155.94, 152.28, 145.91, 142.35, 139.64, 138.11, 135.24, 135.05, 134.65, 133.77, 133.61, 133.45, 129.88, 128.16, 127.37, 127.22, 127.16, 126.69, 125.84, 125.15, 116.72, 116.55, 35.19, 34.55, 31.47, 29.58. ¹⁹F-NMR (376 MHz, DMSO-d₆) δ -133.47, -133.52.

2 结果与讨论

2.1 合成与表征

2-氨基蒽醌与对氟硝基苯经亲核取代反应合成化合物 AQ-NO₂, 在酸性条件下, 被锡粉还原为化合物 AQ-NH₂. 如图 2 所示, -NH₂ 的化学位移 (δ) 出现在 5.25. 氨基基团具有供电子特性, 产生的诱导效应使芳基部分的电子密度增加, 与碳原子相邻的氢原子周围电子密度也随之增加, 导致磁屏蔽上升, 谱线向高场方向移动, AQ-NH₂ 的芳基氢 δ 比 AQ-NO₂ 小. AQ-NH₂ 依次经历亲核加成反应和配位反应, 得到目标化合物 AQ-BF₂, 此时, -NH₂ 的 δ 消失, -CH=N- 的 δ 位于 9.23. 由于化学环境不同, 两个叔丁基团中, -CH₃ 的 δ 分别位于 1.44 和 1.32 处. 在化合物 AQ-BF₂ 中, 二氟化硼核具有吸电子特性, 使得核周围的电子云密度降低, 磁屏蔽减少, 谱线向低场方向移动, AQ-BF₂ 的芳基氢 δ 比 AQ-NH₂ 大.

2.2 紫外-可见吸收光谱与荧光发射光谱

从图 3 可知, 在正己烷、二氯甲烷、二甲基甲酰胺和二甲亚砜等不同极性有机溶剂中, 化合物 AQ-BF₂ 分别在 300 nm 和 400 nm 附近有两个明显的吸收带, 前者主要源于分子共轭体系中的 π-π* 跃迁, 且此处吸收峰波长变化不大. 后者则是分子体系中作为电子供体的三苯胺部分与作为电子受体的氟硼部分和蒽醌部分间的电荷跃迁导致的, 在 4 种溶剂中的吸收峰波长 (λ) 分别位于 411, 408, 395, 388 nm, 表现出随有机溶剂极性增加, 吸收峰蓝移的现象, 这表明化合物 AQ-BF₂ 的激发态极性比基态小, 溶剂极性增加使跃迁能增大导致的^[11]. 此外, 在正己烷和二氯甲烷中, 化合物 AQ-BF₂ 在 243 nm 处有一吸收峰, 这主要来自分子中具有未参与成键电子的 N、O 等杂原子多重键生色团 C=O 和 C=N 的 n-π* 跃迁导致. 而在二甲基甲酰胺和二甲亚砜分别位于 260 nm 和 257 nm, 且峰形较低、有精细化结构特性, 这可能是在极性溶剂中, 受到轨道重叠禁阻和对称性禁阻导致的^[12]. 如图 4 所示 (激发波长 400 nm), 随着正己烷、二氯甲烷、二甲基甲酰胺和二甲亚砜等有机溶剂极性的增加, 化合物 AQ-BF₂ 的最大荧光发射波长依次出现在 571, 578, 581, 589 nm, 说明有机溶剂极性的增加, 改善了分子内电子转移过程, 发射波长逐渐红移^[13].

2.3 量子化学计算结果

为了更好地解释化合物 AQ-BF₂ 的光学性能, 对其进行量子化学计算, 结果如图 5 所示. 从图 5 (a) 可知, 在前线分子轨道中 (HOMO: 电子占据最高分子轨道, LUMO: 电子未占据最低分子轨道), HOMO 能级的电子云主要分布于三苯胺基团部分, 而 LUMO 能级的电子云主要分布于蒽醌基团. HOMO 能级与 LUMO 能级分离的电子云分布, 有利于分子内电子从三苯胺供体到蒽醌受体间的电荷跃迁, 且蒽醌部分的吸电子能力比氟硼核的强. 如图 5 (b) 可知, AQ-BF₂ 分子围绕着三苯胺部分的氮原子具有非共面结构. 且叔丁基团与相连的苯基明显不在同一平面, 使得分子的非共面结构更加扭曲, 扭曲的分子构型有利于产生聚集诱导发光性能.

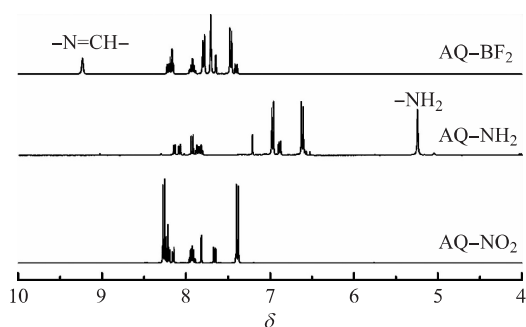


图 2 3 种化合物的核磁氢谱叠加图

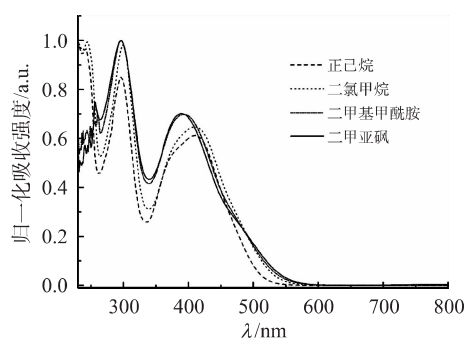


图3 化合物 AQ-BF₂ 在 4 种有机溶剂中的紫外-可见吸收光谱

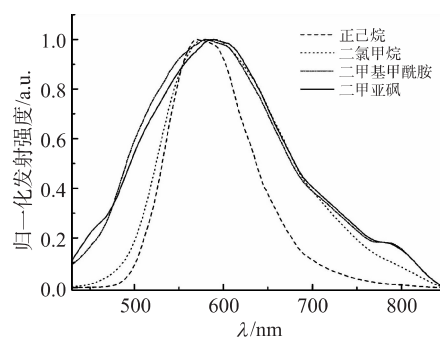
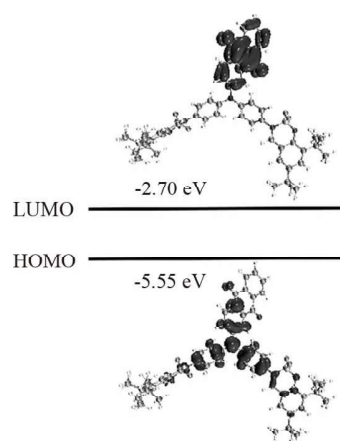
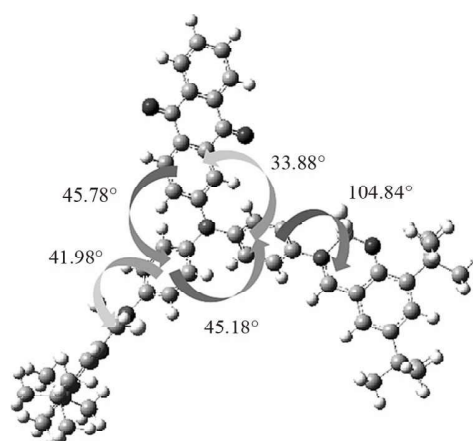


图4 化合物 AQ-BF₂ 在 4 种有机溶剂中的荧光发射光谱



(a) 化合物 AQ-BF₂ 的前线轨道及能级



(b) 化合物 AQ-BF₂ 的最优分子构象

图5 化合物 AQ-BF₂ 的量子化学计算结果

2.4 聚集诱导发光研究

对有机分子而言, 水是不良溶剂, 而四氢呋喃则是良溶剂. 因此, 可选用四氢呋喃/水混合溶剂控制化合物 AQ-BF₂ 在溶液中的溶解和聚集情况, 探究其聚集诱导发光特性. 如图 6 所示 (激发波长 430 nm), 含水量 (f_w) 为 0 时, 发射波长位于 585 nm, 荧光强度较弱, 这主要是稀溶液中 AQ-BF₂ 分子的 C-C 单键活性内旋转激活激发态弛豫通道导致的^[14]. 当 f_w 增加时, 荧光猝灭且发射波长红移, 这主要是由于不良溶剂水的极性较大, f_w 增大导致混合溶剂极性增加, AQ-BF₂ 分子内电子供体-受体间的分子内电荷跃迁效应引起的. 如图 7 所示, 当 f_w 大于 70% 时, 荧光强度逐渐增加, 并在 f_w 达到 90% 时, 荧光强度达到最大. 这是由于不良溶剂的增加使得溶液中的 AQ-BF₂ 分子逐渐团簇在一起, 形成聚集体, 导致 C-C 单键自由旋转受限, 非辐射跃迁通道受阻, 辐射跃迁途径开放, 荧光强度增强. 当 f_w 增大至 100% 时, 荧光强度下降, 这主要是不良溶剂影响了化合物 AQ-BF₂ 的溶解性, 使其浓度降低导致的^[15]. 以上结果表明, 化合物 AQ-BF₂ 具有聚集诱导发光性能.

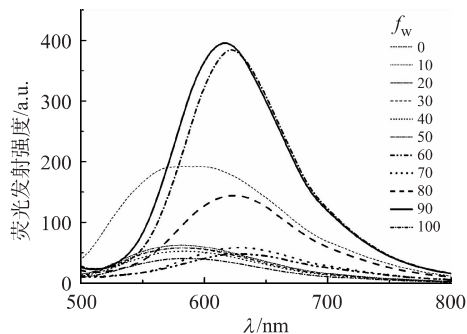


图6 化合物 AQ-BF₂ 在不同比例四氢呋喃/水混合溶剂中的荧光发射光谱

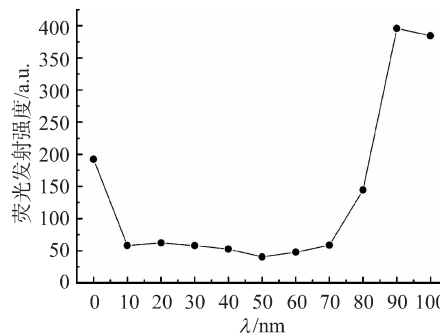


图7 化合物 AQ-BF₂ 在不同比例四氢呋喃/水混合溶剂中的荧光发射强度

为了更好地理解化合物 AQ-BF₂ 在四氢呋喃/水混合溶剂中的聚集行为,测试其紫外-可见吸收光谱,结果如图 8 所示. 当 f_w 小于 70% 时,吸收曲线的峰形和波长基本不变,表明 AQ-BF₂ 以单分子形式存在. 当 f_w 达到 70% 时, $n-\pi^*$ 跃迁引起的吸收带消失, $\pi-\pi^*$ 跃迁和电荷跃迁引起的吸收峰红移且强度减弱,吸收曲线尾部向上位移,表明在此时的混合溶剂中, AQ-BF₂ 分子形成了聚集体,溶液的透光率减弱. 当 f_w 进一步增加时,吸收强度减弱且峰形出现宽化现象,表明聚集体大量增加,发生光散射,显示出典型的聚集体米氏效应^[16].

2.5 黏度性能研究

细胞内黏度的变化是衡量生物细胞健康状态的重要依据,为探索化合物 AQ-BF₂ 在生物细胞活性检测方面应用的可能性,测试其不同比例甲醇/甘油混合溶剂中的黏度性能. 查阅文献 [17] 可知,在甲醇/甘油混合体系中,甘油含量 (f_G) 为 0 时,黏度 (η) 为 0.6 mPa·s, f_G 为 100% 时, η 为 950 mPa·s. 从图 9 可知(激发波长 400 nm), f_G 在 0 至 60% 间时,荧光强度很弱. 在低黏度混合溶剂中,处于激发态的 AQ-BF₂ 分子围绕 C-C 单键的自由旋转打开了非辐射跃迁通道,荧光强度很弱. 当 f_G 进一步增加时,甲醇/甘油体系中的 η 逐渐增加, AQ-BF₂ 分子中的 C-C 单键自由旋转受限,非辐射跃迁概率下降,在 620 nm 处的荧光强度显著增强^[18]. 根据 Forster-Hoffmann 公式,以黏度的自然对数 ($\lg \eta$) 为横坐标,620 nm 处荧光强度的自然对数 ($\lg I(620 \text{ nm})$) 为纵坐标,绘制 $\lg \eta$ 在 1.11 至 3.00 间的拟合曲线^[19],结果如图 10 所示. 从图中可知, $\lg \eta$ 与 $\lg I(620 \text{ nm})$ 有比较好的线性关系,说明化合物 AQ-BF₂ 具有探索细胞微环境黏度所需的高灵敏度.

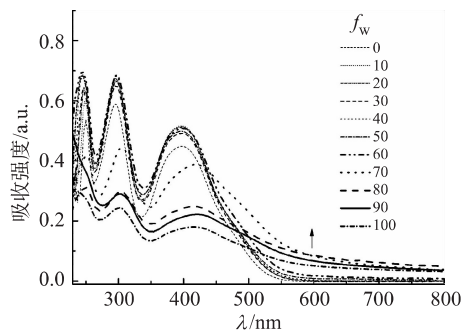


图 8 化合物 AQ-BF₂ 在不同比例四氢呋喃/水混合溶剂中的紫外-可见吸收光谱

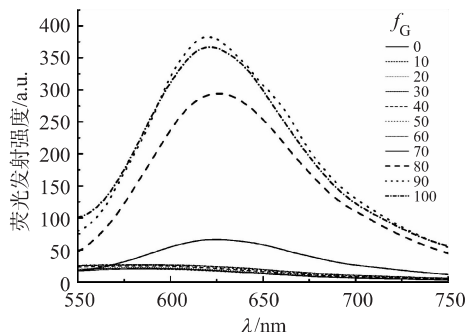


图 9 化合物 AQ-BF₂ 在不同比例甲醇/甘油混合溶剂中的荧光发射光谱

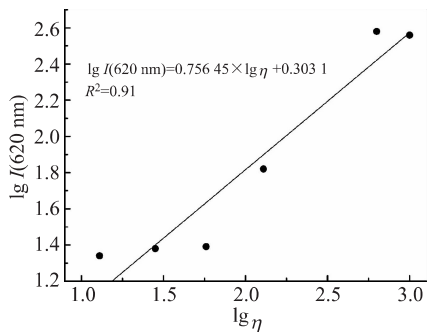


图 10 化合物 AQ-BF₂ 在 620 nm 处荧光强度和黏度的自然对数拟合曲线

3 结论

本文设计并合成了一种含有蒽醌基团的氟硼化合物,并通过核磁氢谱和碳谱进行表征. 通过光学性能测试,可以得出以下结论:

- 1) 在不同极性的有机溶剂中,化合物 AQ-BF₂ 的吸收光谱蓝移、发射光谱红移,具有分子内电荷转移特性.
- 2) 吸收光谱表明,化合物在含水量为 70% 的四氢呋喃/水的混合溶剂中形成聚集体,荧光发射光谱表明化合物 AQ-BF₂ 具有聚集诱导发光行为.
- 3) 在甘油含量为 70% 的甲醇/甘油混合溶剂,化合物 AQ-BF₂ 的荧光发射光谱有响应,显示黏度特性.

总之,该化合物不仅合成路线简便、对环境污染较小、固体具有红色荧光等特点,而且还对环境的黏度变化有响应.

[参考文献]

- [1] RAGHUVeer D, PAI V V, MURALI T S, et al. Exploring Anthraquinones as Antibacterial and Antifungal agents [J]. *ChemistrySelect*, 2023, 8 (6): 202204537.
- [2] CERVANTES-GONZALEZ J, VOSBURG D A, MORA-RODRIGUEZ S E, et al. Anthraquinones: Versatile Organic Photocatalysts [J]. *ChemCatChem*, 2020, 12 (5): 3811-3827.
- [3] 王龙, 陈海涛, 李德锦, 等. 1-氨基蒽醌酰胺类化合物的合成与表征 [J]. *河南化工*, 2022, 39 (10): 16-19.
- [4] 周东亮. 一种基于蒽醌衍生物的用于零价钡检测荧光探针的构建与性能研究 [J]. *河南化工*, 2021, 38 (6): 33-35.
- [5] KONGSAK C, CHIANGRAENG N, RITHCHUMPON P, et al. Turn-on fluorogenic sensors based on an anthraquinone signaling unit for the detection of Zn (II) and Cd (II) ions [J]. *Organic & Biomolecular Chemistry*, 2023, 21 (36): 7367-7381.
- [6] YIN C, LIU R, ZHANG D, et al. Indeno-anthraquinone hosts with thermally activated delayed fluorescence for deep-red OLEDs [J]. *Journal of Materials Chemistry C*, 2022, 10 (12): 4668-4673.
- [7] LI Y, TAN T, WANG S, et al. Highly solvatochromic fluorescence of anthraquinone dyes based on triphenylamines [J]. *Dyes and Pigments*, 2017, 144: 262-270.
- [8] 杨艳华, 李学良, 田佳壮, 等. 含有3, 5-二甲基苯基的吡啶基二氟硼化合物力致荧光变色性能研究 [J]. *北京化工大学学报 (自然科学版)*, 2023, 50 (5): 48-58.
- [9] XU M, TIAN J, YANG Y, et al. Reversible mechanofluorochromic and data security protection of a triphenylamine-based difluoroboron luminescent compound [J]. *Chinese Journal of Organic Chemistry*, 2023, 43 (5): 1824-1831.
- [10] 王甫鹏, 田佳壮, 杨艳华, 等. 三苯胺基取代的吡啶基二氟硼配合物力致荧光变色及无墨书写测试 [J]. *高等学校化学学报*, 2023, 43 (11): 182-188.
- [11] 张帮翠, 何秀娟, 徐茂财, 等. 一种含有吩噻嗪基团的二氟硼化合物荧光性能研究 [J]. *云南民族大学学报 (自然科学版)*, 2023, 32 (3): 312-317.
- [12] 徐山祖, 李先, 王甫鹏, 等. 5种新型聚酰亚胺的合成及光谱学性能研究 [J]. *昆明学院学报*, 2022, 44 (3): 116-120.
- [13] 朱鹏, 陈艳琴, 钱涵, 等. 酮肟化合物与酰胺衍生物的合成及光谱学性能研究 [J]. *昆明学院学报*, 2023, 45 (3): 58-62.
- [14] ZHOU L, XU D, GAO H, et al. Effects of cyano groups on the properties of thiazole-based β -ketoiminate boron complexes: aggregation-induced emission and mechanofluorochromism [J]. *RSC Advances*, 2016, 6 (73): 69560-69568.
- [15] 张帮翠, 陈艳琴, 窦思虎, 等. 一种含有咪唑基团的荧光化合物光学性能研究 [J]. *昆明学院学报*, 2022, 44 (6): 54-59.
- [16] 沈舒婷, 于坤, 王亚轩, 等. 具有不同构型的聚集诱导发光性质化合物的合成及性质 [J]. *杭州师范大学学报 (自然科学版)*, 2023, 22 (2): 120-125.
- [17] LEVITT J A, CHUNG P H, KUIMOVA M K, et al. Fluorescence anisotropy of molecular rotors [J]. *ChemPhysChem*, 2011, 12 (3): 662-672.
- [18] LI X, GUO R, GONG X, et al. A novel viscosity-sensitive fluorescent probe for monitoring the changes of mitochondrial viscosity [J]. *Luminescence*, 2023, 38 (9): 1618-1623.
- [19] WU X, FU G, LI Y, et al. Dihydroxanthene-based near-infrared fluorescent probes for monitoring mitochondrial viscosity in living cells and mice [J]. *Analytical Chemistry*, 2023, 95 (6): 3544-3549.

Research on the Optical and Viscosity Properties of a Novel Anthraquinone-based Difluoroboron Compound

ZHOU Hao, LIANG Rui, YANG Shufan, GAO Shulin, YANG Yanhua

(School of Chemistry and Chemical Engineering, Kunming University, Kunming, Yunnan, China 650214)

Abstract: Anthraquinone group has been widely used in fields of drug development and bioprobe due to their unique biochemical activity. To further investigate the optical properties of anthraquinone compounds, a novel anthraquinone-based difluoroboron compound was prepared using 2-aminoanthraquinone as raw material, through nucleophilic substitution, reduction, nucleophilic addition and coordination reaction, and its optical property was measured. The results showed that the synthesized compound exhibited intramolecular charge transfer characteristic in different polar organic solvents, and displayed aggregation-induced emission property and viscosity property in tetrahydrofuran/water and methanol/glycerol mixed solvent, respectively.

Key words: anthraquinone group; difluoroboron compound; aggregation-induced emission; viscosity property

(责任编辑: 陈伟超)