

# [Cd(对硝基苯甲酸)<sub>2</sub>(乙二胺)H<sub>2</sub>O] 配合物的结构及荧光性能

祝波,高永为,刘芷晨,罗亚楠\*

(吉林化工学院 化学与制药工程学院,吉林省 吉林市 132022)

**摘要:**以氯化镉、对硝基苯甲酸和乙二胺(en)为原料,成功合成了具有荧光性能的[Cd(对硝基苯甲酸)<sub>2</sub>(乙二胺)H<sub>2</sub>O]配合物**1**,并对其结构进行解析。首先,采用水热合成法进行配合物**1**的合成。接着,利用单晶X射线衍射测定配合物**1**的结构。然后,采用元素分析法、红外光谱法(IR)、热重分析法(TGA)和粉末X射线衍射法(PXRD)对其进行表征。最后,在室温条件下,对配合物**1**进行荧光性能测试。实验结果表明:配合物**1**通过N-H $\cdots$ O、O-H $\cdots$ O和C-H $\cdots$ O氢键将离散结构连接形成三维超分子构型。配合物**1**在266 nm处激发,在377 nm和444 nm处出现两个发射峰,表现出较强的荧光性能。上述结果说明,配合物**1**的荧光性能主要来自于配体到配体的跃迁,可以作为具有发展潜能的荧光光学材料。

**关键词:**对硝基苯甲酸;氢键;超分子结构

中图分类号:O614.2 文献标识码:A doi:10.3788/CO.20191202.0302

## [Cd(p-nitrobenzoic acid)<sub>2</sub>(en)H<sub>2</sub>O] coordination compound in structure and fluorescent property

ZHU Bo, GAO Yong-wei, LIU Zhi-chen, LUO Ya-nan\*

(College of Chemical and Pharmaceutical Engineering, Jilin Institute  
of Chemical Technology, Jilin 132022, China)

\* Corresponding author, E-mail: yanan\_meimei@163.com

**Abstract:** In this paper, a new coordination polymer of [Cd(p-nitrobenzoic acid)<sub>2</sub>(en)H<sub>2</sub>O] (**1**) was synthesized, based on CdCl<sub>2</sub>, p-nitrobenzoic acid and ethylenediamine(en), and its structure was analyzed. First, a compound(compound **1**) was hydrothermally synthesized. Second, compound **1** was structurally measured using single-crystal X-ray diffraction. Then, compound **1** was structurally characterized using infrared spectrometry(IR), elemental analysis, power X-ray diffraction(PXRD) and thermogravimetric analysis(TGA). Finally, the fluorescence property of compound **1** was measured at room temperature. Experimental

收稿日期:2019-01-16;修订日期:2019-02-01

基金项目:国家自然科学基金项目(No. 20831002, No. 21531003);吉林化工学院重大项目(No. 2018021);吉林大学无机合成与制备化学国家重点实验室开放课题(No. 2019-13)

Supported by National Natural Science Foundation(No. 20831002, No. 21531003); the Major Project in Jilin Institute of Chemical Technology(No. 2018021); the Open Project of State Key Laboratory of Inorganic Synthesis & Preparative Chemistry of Jilin University(No. 2019-13)

results indicate that compound **1** was linked into a three-dimensional (3D) supramolecular structure by N-H...O/O-H...O and C-H...O hydrogen bonds. Compound **1** demonstrated fluorescent properties. Its peak of excitation was 266 nm and its peaks of emission were 377 nm and 444 nm. The fluorescent properties of compound **1** mainly come from the transition from the ligand to ligand. Compound **1** may be a fluorescent material with potential for further development.

**Key words:** p-nitrobenzoic acid; hydrogen bonds; supramolecular structure

## 1 引言

众所周知,光学材料正以突飞猛进的速度在发展,其中很重要的一部分是以无机-有机杂化材料为主体,该类材料为配位化学和无机材料科学这两大领域交叉部分中的新兴材料,可以将其称为金属有机骨架材料,也可称为配合物材料。金属有机骨架材料的主要特点是具有多样性的结构,由于其结构的多样性从而导致其性能的多样性,主要体现在光学、电化学、传感器以及分子识别等多个光学和电化学研究方面。拥有众多新颖结构且光电性能优良的金属有机骨架材料,一直备受广大科学工作者们的青睐<sup>[1-3]</sup>。目前,金属有机骨架材料在光学方面的研究主要包括发光材料的合成、发光性能的测试以及设计具有刺激响应型的金属有机骨架固体荧光材料等。因此金属有机骨架材料在固体激光器、荧光传感器、有机发光二极管(OLEDs)等方面有着潜在的应用价值。

为了使金属有机骨架材料具有新结构和光学特性,金属离子和有机配体的选择显得尤为重要。为了设计出对客体分子可以产生高灵敏度的荧光响应的配合物<sup>[4-5]</sup>,在金属离子的选择上主要以过渡金属Zn(II)和Cd(II)这些电子构型为d<sup>10</sup>的一类金属离子为主,这类离子在荧光性能上往往表现出更明显的优势<sup>[6]</sup>。在配体的选择上,羧酸类配体一直受到人们的青睐,羧酸根在配位方面具有多样性的配位模式以及拥有结构新颖且种类繁多等优势<sup>[7-9]</sup>。例如,常被大家所使用的苯甲酸、对苯二甲酸、均苯三甲酸以及对硝基苯甲酸这类芳香类羧酸配体都常常被选择作为多齿配体使用。作为刚性配体的对硝基苯甲酸不仅具有非常良好的几何对称性,还存在着众多的配位模式。

因此若选择对硝基苯甲酸作为配体,很大程度上提高了合成出具有多样性结构的超分子羧酸配合物的可能性。值得注意的是,对硝基苯甲酸作为一个有机配体虽然因其本身含有一个羧酸基团和一个硝基基团,也能呈现出多变的配位模式,但在大多数情况下还是采用多齿螯合配位方式进行配位<sup>[10-11]</sup>。另外,作为配位能力很强的乙二胺二齿配体两端的N原子能够分别与中心金属离子进行配位,进而形成种类繁多的空间结构<sup>[12]</sup>。

本实验主要是以合成具有一定功能性的金属有机骨架材料为目的,在前期大量实验的基础上,选择以对硝基苯甲酸和乙二胺为配体,成功合成了配合物[Cd(对硝基苯甲酸)<sub>2</sub>(乙二胺)H<sub>2</sub>O](**1**)。利用单晶X射线衍射测定配合物**1**的结构,采用元素分析法、红外光谱法(IR)、热重分析法(TGA)和粉末X射线衍射法(PXRD)对其进行表征。最终,成功合成出一种在荧光光学方面表现出很大潜力的金属有机骨架材料,并且在该过程中,利用荧光光谱探讨了金属有机骨架材料在固态时的发光性能。

## 2 实验部分

### 2.1 实验所用设备和仪器

显微镜(中国,北京宏昌信科技有限公司,ZSA301型),粉末X射线衍射仪(日本,理学电机仪器北京有限公司,D5005型),元素分析仪(美国,PERKIN-ELMER公司,240C型),X射线-单晶衍射仪(德国,Bruker公司,Smart APEX II型),热重分析仪(美国,PERKIN-ELMER公司,TGA 7型),傅立叶红外光谱仪(美国,Nicolet公司,Impact 410型),荧光光谱仪(美国,PE仪器公司,LS55型)。

## 2.2 主要试剂和原料

氯化镉,乙醇,对硝基苯甲酸,乙二胺,所用试剂均为试剂纯,未经处理。

## 2.3 配合物 1 的合成

在乙醇(12 mL)和水(2 mL)的溶剂中加入氯化镉( $\text{CdCl}_2$  30 mg, 0.16 mmol)和对硝基苯甲酸(5 mg, 0.030 mmol),充分搅拌后向溶液中加入 0.03 mL 乙二胺,在室温下继续搅拌 1 h 后将所得的无色溶液移入反应釜中,放入程序升温烘箱,升温至 100 °C,加热时间为 72 h,最终可以得到形态为块状的无色晶体,将常压过滤后的配合物 1 在室温下进行自然干燥,产物产率为 40% 左右(以 Cd 进行计算)。金属有机骨架材料  $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_4\text{O}_9\text{Cd}$  (522.74) 的元素分析理论值为: C, 36.73; H, 3.47; N, 1.07%; 实验值为: C, 36.51; H, 3.38; N, 1.12%。IR 数据( $\text{cm}^{-1}$ , KBr): 3400(m), 3300(m), 2690(w), 2550(w), 1750(m), 1690(s), 1630(m), 1390(s), 1290(s), 1250(s), 1210(s), 1180(s), 980(m), 890(m), 760(s)。

## 2.4 金属有机骨架材料结构测试

将所得金属有机骨架材料放在载玻片上,在显微镜下进行仔细挑选,为了保证固定在玻璃丝上的晶体形状的完整性,将晶体通过 AB 胶固定在其顶端,在 Smart APEX II 型 X 射线-单晶衍射仪上进行结构测试。测试过程中使用的是石墨单

色化的  $\text{MoK}\alpha$  射线,波长为  $\lambda = 0.071\ 073\ \text{nm}$ ,在 293 K 恒温的条件下对晶体的晶胞参数进行测试,同时进行所有衍射数据的收集,所有数据的收集方式均是采用  $\omega$  扫描方式,所得金属有机骨架材料的 CCDC 号为 1061213。所有的非氢原子采用各向异性方法进行修正处理,金属有机骨架材料中的氢原子,利用 OLEX2 程序进行加氢处理,需要修正的晶体结构通过选用最小二乘法来解决。为了校正收集得到的金属有机骨架材料数据,选用的是 SADABS 程序,需要进行结构解析以及数据还原的所有数据,主要选择使用 SHELX-TL-97 程序<sup>[13-14]</sup>。表 1 中为配合物 1 的重要晶体学数据,表 2 中为配合物 1 的重要键长键角数值。

## 3 晶体结构解析、表征和性质测定

### 3.1 配合物 1 的晶体结构分析

通过单晶 X 射线衍射所获得的晶体学数据进行分析得到配合物 1 的晶体结构,通过分析可以得出配合物 1 的晶体结构为离散结构,分子式可以表示为  $[\text{Cd}(\text{p-nitrobenzoic acid})_2(\text{en})\text{H}_2\text{O}]$  (分子量 = 522.74)。其晶系为斜方晶系,空间群属于  $Pnma$  空间群,具体的晶体数据可以见表 1 所示。

表 1 配合物 1 的晶体学数据

Tab. 1 Crystal parameters and structural optimization parameters for compound 1

配合物 1	参数		
分子式	$\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{CdN}_4\text{O}_9$	晶系	斜方晶系
分子量	522.74	体积/ $\text{nm}^3$	1.939 9(6)
空间群	$Pnma$	温度/K	296(2)
$Z$	4	$a/\text{nm}$	0.618 31(11)
$F(000)$	1 048	$b/\text{nm}$	2.236 1(4)
$\theta$ 范围/ $^\circ$	1.713 ~ 28.145	$c/\text{nm}$	1.403 1(3)
$D_c/(\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3})$	1.790	$\alpha/^\circ$	90
GOF	1.024	$\beta/^\circ$	90
$\mu/\text{mm}^{-1}$	1.185	$\gamma/^\circ$	90
$R$ 值(全部数据)	$R_1 = 0.040\ 2, wR_2 = 0.063\ 3$	独立衍射点( $R_{\text{int}}$ )	2 417(0.031 2)
$R^{\text{a,b}}$ 值 [ $I > 2\sigma(I)$ ]	$R_1 = 0.027\ 3, wR_2 = 0.057\ 4$	收集衍射点	11 300

在配合物 **1** 中, Cd 离子为 7 配位, 包含 2 个 N 原子和 5 个 O 原子。其中, 2 个 N 原子来自于一个乙二胺分子, 4 个 O 原子分别来自于两个对硝基苯甲酸的羧酸基团 (O1, O2, O1<sup>i</sup>, O2<sup>i</sup>), 还有一个氧原子 (O5) 来自于一个水分子, 形成了一个

轻度扭曲的十面体构型, 如图 1 所示。其中, O1, O2, O1<sup>i</sup>, O2<sup>i</sup> 和 N2 几乎在同一平面内, 而 O5 和 N1 形成了十面体的两个顶点, 键长和键角数据见表 2 所示。

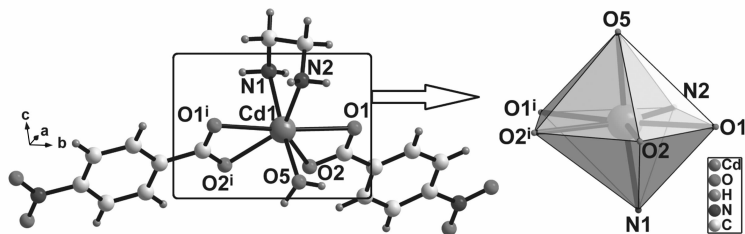


图 1 配合物 **1** 的不对称结构单元 (对称码:  $i, x, 0.5 - y, z$ )

Fig. 1 Asymmetric structure of compound **1** (symmetry code: #  $i, x, 0.5 - y, z$ )

表 2 配合物 **1** 的主要化学键的键长 (nm) 和键角 (°)

Tab. 2 Main bond lengths (nm) and bond angles (°) in compound **1**

化学键	键长/nm	化学键	键长/nm	化学键	键长/nm
Cd1 - O1	0.255 4(2)	Cd1 - O2	0.234 7(2)	Cd1 - O5	0.231 1(3)
Cd1 - N1	0.234 1(3)	Cd1 - N2	0.229 4(3)	Cd1 - O1 <sup>i</sup>	0.255 4(2)
Cd1 - O2 <sup>i</sup>	0.234 7(2)				
化学键	键角(°)	化学键	键角(°)	化学键	键角(°)
O1 <sup>i</sup> - Cd1 - O1	172.00(9)	O2 - Cd1 - O1 <sup>i</sup>	135.03(7)	O2 <sup>i</sup> - Cd1 - O1	135.03(7)
O2 <sup>i</sup> - Cd1 - O2	82.19(9)	O2 <sup>i</sup> - Cd1 - O1 <sup>i</sup>	52.85(6)	O2 - Cd1 - O1	52.85(6)
O5 - Cd1 - O1 <sup>i</sup>	89.50(6)	O5 - Cd1 - O1	89.50(6)	O5 - Cd1 - O2 <sup>i</sup>	88.24(10)
O5 - Cd1 - O2	88.24(10)	O5 - Cd1 - N1	172.25(12)	N1 - Cd1 - O1	89.96(6)
N1 - Cd1 - O1 <sup>i</sup>	89.96(6)	N1 - Cd1 - O2	97.58(7)	N1 - Cd1 - O2 <sup>i</sup>	97.58(7)
N2 - Cd1 - O1	86.09(5)	N2 - Cd1 - O1 <sup>i</sup>	86.09(5)	N2 - Cd1 - O2 <sup>i</sup>	138.82(4)
N2 - Cd1 - O2	138.82(4)	N2 - Cd1 - O5	95.21(13)	N2 - Cd1 - N1	77.04(10)

对称码:  $i, x, 0.5 - y, z$ .

在配合物 **1** 的中, 乙二胺分子的 N2 与相邻分子中对硝基苯甲酸配体的 O2<sup>iii</sup> 原子 [N2...O2<sup>iii</sup> = 0.324 5(3) nm, N2 - H2...O2<sup>iii</sup> = 155°] 沿 a 轴将配合物 **1** 通过氢键进行连接, 以形成一维链状结构, 如图 2(a) 所示。相邻的链间通过 C - O 氢键和 N - O 氢键 [C2...O4<sup>vi</sup> = 0.288 6(5) nm, C4 - H2A...O4<sup>vi</sup> = 109°; N1...O4<sup>ii</sup> = 0.320 3(3) nm, N1 - H1...O4<sup>ii</sup> = 168°] 连接形

成层状结构, 如图 2(b) 所示。本文通过配位水分子上的 O 原子与对硝基苯甲酸羧酸集团上的 O 原子之间的氢键 [O5...O2<sup>iv</sup> = 0.279 7(3) nm, O5 - H5A...O2<sup>iv</sup> = 133°; O5...O2<sup>v</sup> = 0.279 7(3) nm, O5 - H5B...O2<sup>v</sup> = 101°] 将配合物 **1** 的二维层状结构连接形成三维超分子结构, 三维超分子结构如图 2(c) 所示, 三维超分子结构的所有氢键数据可以见表 3。

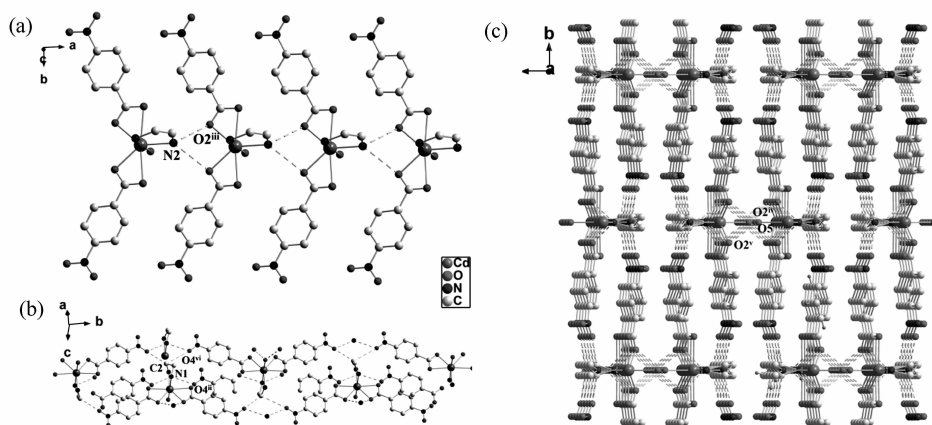


图2 (a)一维链状结构;(b)二维层状结构;(c)三维超分子结构(对称码:ii,  $1-x$ ,  $-0.5+y$ ,  $1-z$ ; iii,  $1+x$ ,  $0.5-y$ ,  $z$ ; iv,  $0.5+x$ ,  $y$ ,  $0.5-z$ ; v,  $0.5+x$ ,  $0.5-y$ ,  $0.5-z$ ; vi,  $2-x$ ,  $1-y$ ,  $1-z$ )

Fig.2 (a)1D chain structure; (b)2D layer structure; (c)3D supramolecular structure(symmetry codes:ii,  $1-x$ ,  $-0.5+y$ ,  $1-z$ ; iii,  $1+x$ ,  $0.5-y$ ,  $z$ ; iv,  $0.5+x$ ,  $y$ ,  $0.5-z$ ; v,  $0.5+x$ ,  $0.5-y$ ,  $0.5-z$ ; vi,  $2-x$ ,  $1-y$ ,  $1-z$ )

表3 配合物1 氢键键长 (nm) 和键角( $^{\circ}$ )

Tab.3 Hydrogen bond distances (nm) and angles( $^{\circ}$ ) in compound 1

D-H	$d(D-H)$	$d(H\cdots A)$	$\angle DHA$	$d(D-A)$	A
N1-H1	0.089	0.232	168	0.320 2(3)	O4 <sup>ii</sup>
N2-H2	0.089	0.242	155	0.324 5(3)	O2 <sup>iii</sup>
O5-H5A	0.077	0.222	133	0.279 7(3)	O2 <sup>iv</sup>
O5-H5B	0.089	0.248	101	0.279 7(3)	O2 <sup>v</sup>
C2-H2A	0.097	0.242	109	0.288 6(5)	O4 <sup>vi</sup>

对称码:ii,  $1-x$ ,  $-0.5+y$ ,  $1-z$ ; iii,  $1+x$ ,  $0.5-y$ ,  $z$ ; iv,  $0.5+x$ ,  $y$ ,  $0.5-z$ ; v,  $0.5+x$ ,  $0.5-y$ ,  $0.5-z$ ; vi,  $2-x$ ,  $1-y$ ,  $1-z$ .

### 3.2 配合物1 和配体 H<sub>2</sub>L 红外光谱谱

对配合物1 和配体对硝基苯甲酸进行红外检测,如图3 和图4 所示。在图3 中,2 900  $\text{cm}^{-1}$  肩峰为苯环中 C-H 伸缩振动峰,2 850  $\text{cm}^{-1}$  主要为 -COOH 中的 O-H 伸缩振动峰,1 700  $\text{cm}^{-1}$  为 -COOH 中 C=O 伸缩振动峰,1 600  $\text{cm}^{-1}$ 、1 550  $\text{cm}^{-1}$  为芳环骨架的伸缩振动峰,1 400  $\text{cm}^{-1}$ 、1 300  $\text{cm}^{-1}$  为 -NO<sub>2</sub> 的对称伸缩振动峰,862  $\text{cm}^{-1}$  为对二取代芳环的 C-H 弯曲振动峰。在图4 中,红外光谱分析配合物1 在 3 400  $\text{cm}^{-1}$  和 3 300  $\text{cm}^{-1}$  附近对应着乙二胺的 N-H 伸缩振动峰,配体 -COOH 上的 C=O 的振动峰和对硝基苯甲酸配体上的 C=O 的振动峰分别为 1 750  $\text{cm}^{-1}$  和 1 700  $\text{cm}^{-1}$ 。相比之下的配体 -COOH 上的 C=O 的振动峰表现出向高频移动

这样的现象。造成该现象的原因是在平面摇摆振动和伸缩振动的过程中,其能量的吸收量大大增加了。而造成这种吸能增加的原因可以归结为是金属离子与 -COOH 中的 O 原子进行螯合配位后形成了四元环的稳定结构,这导致了 C=O 键的刚性得到了极大的提高。在 1 390  $\text{cm}^{-1}$  和 1 290  $\text{cm}^{-1}$  附近对应着对硝基苯甲酸配体硝基振动峰,与自由的对硝基苯甲酸配体中的硝基振动峰(1 400  $\text{cm}^{-1}$  和 1 300  $\text{cm}^{-1}$ ) 相比,在位置上几乎没有发生任何改变。造成该现象的主要原因是配合物1 中硝基并没有进行配位,故在比较其和原配体在平面摇摆振动和伸缩振动过程中所需要吸收的能量时,未能发现有明显的变化。通过对比配体对硝基苯甲酸和配合物1 的红外谱图可以发现,所有主要振动峰在配合物1 和配体的红外

谱图中基本全部吻合,从而可以得出配合物**1**金属有机骨架材料已经成功合成。

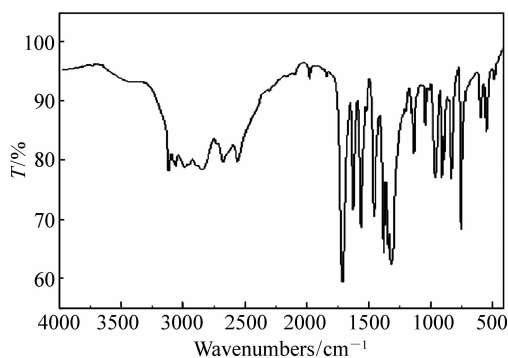


图3 对硝基苯甲酸的红外光谱图

Fig. 3 IR spectrogram of p-nitrobenzoic acid

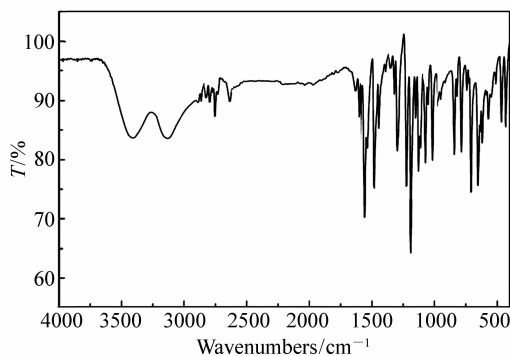


图4 配合物**1**的红外光谱图

Fig. 4 IR spectrogram of compound **1**

### 3.3 配合物**1**的PXRD分析

通过PXRD检测,将根据单晶X射线衍射测试得到的晶体数据与根据粉末X射线衍射测试得到的XRD数据的模拟谱图进行拟合,结果如图5所示。对拟合结果进行分析,可以发现在粉末X射线衍射测试中所得数据谱图的主要峰位置同单晶X射线衍射测试所得的数据谱图具有相当高的吻合程度,进一步还可以得出如下结论:即实验过程中得到的大量配合物**1**具有相对高的纯度,而较高的纯度对于后期测定配合物**1**的性质是一个极其有利的因素。

### 3.4 配合物**1**热重分析

通过热重(TGA)图谱分析配合物**1**的热稳定性,结果如图6所示。从202℃到843℃过程中金属有机骨架材料重量的损失为75.56%(cal.

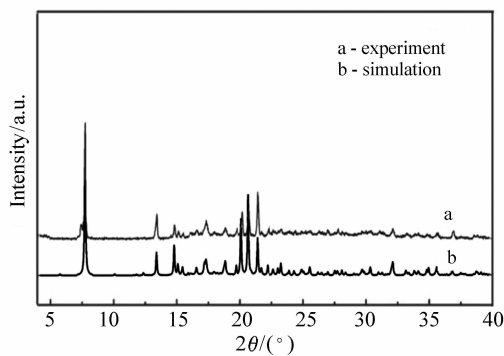


图5 配合物**1**粉末XRD谱图

Fig. 5 PXRD patterns of compound **1**

75.44%),可以推断为移除了两个对硝基苯甲酸分子,一个乙二胺分子和一个水分子,由失重量分析可知最终的产物可能为CdO。

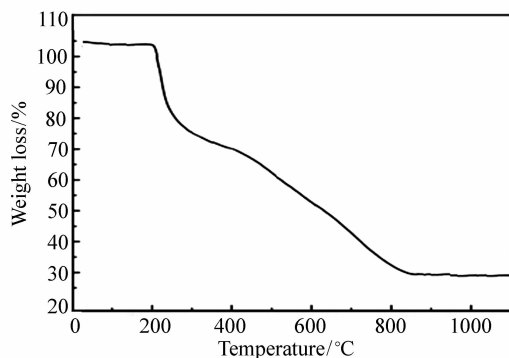


图6 配合物**1**的热重图谱

Fig. 6 TG curve of compound **1**

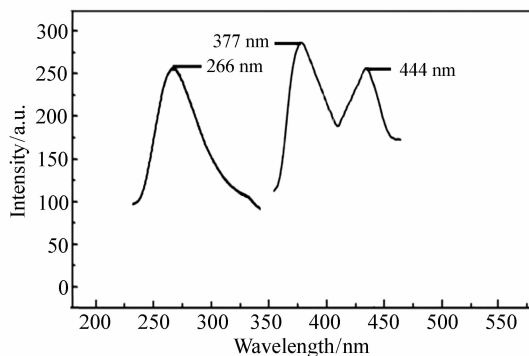


图7 室温条件下配合物**1**的荧光谱图

Fig. 7 Photoluminescence spectra of compound **1** at room temperature

### 3.5 配合物**1**荧光测试

在室温条件下对配合物**1**进行固态荧光性质

测试,结果如图7所示。配合物1在266 nm处激发,在377 nm和444 nm处出现两个发射峰,属于配体的  $\pi^*-\pi$  跃迁,晶体具有很好的蓝光荧光性能。

## 4 结 论

本文采用水热合成法,以镉离子为中心离子,

对硝基苯甲酸为配体,乙二胺为辅助配体成功合成了配合物  $[\text{Cd}(\text{对硝基苯甲酸})_2(\text{乙二胺})\text{H}_2\text{O}]$ 。由于  $\text{N}-\text{H}\cdots\text{O}$ 、 $\text{O}-\text{H}\cdots\text{O}$  和  $\text{C}-\text{H}\cdots\text{O}$  等多种氢键的作用,原本呈现离散结构的配合物1被连接形成三维超分子结构。本文采用多种测试手段对其结构进行了详细表征并研究了它的荧光性质,发现该晶体材料具有良好的蓝色荧光性能,在感光材料方面具有很好的应用前景。

## 参考文献:

- [1] 张旭霞,李斌,张黎明,等.有机-无机复合纳米材料的传感应用及机理[J].中国光学,2015,8(4):651-666.  
ZHANG X X, LI B, ZHANG L M, *et al.*. Sensing application and mechanism of organic-inorganic nanocomposites[J]. *Chinese Optics*, 2015, 8(4):651-666. (in Chinese)
- [2] 魏小平,梁顺超,黄文刚,等.镍配合物分子印迹光电流型传感器的研究[J].分析化学,2016,44(3):348-354.  
WEI X P, LIANG SH CH, HUANG W G, *et al.*. Study on molecularly imprinted sensor based on photocurrent response for Ni-complex[J]. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 2016, 44(3):348-354. (in Chinese)
- [3] 魏巧华,韩李静,段亚男,等.铱配合物的电致化学发光性能研究[J].分析化学,2011,39(7):1109-1112.  
WEI Q H, HAN L J, DYAN Y N, *et al.*. Electrochemiluminescence of two Iridium(III) complexes[J]. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 2011, 39(7):1109-1112. (in Chinese)
- [4] 谢伟玲,杨培慧,蔡继业.锗(IV)-槲皮素配合物的制备、表征及其抗氧化活性测定[J].分析化学,2010,38(12):1809-1812.  
XIE W L, YANG P H, CAI J Y. Synthesis, characterization and antioxidation activity of Germanium(IV)-quercetin complex[J]. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, 2010, 38(12):1809-1812. (in Chinese)
- [5] WU L, GUO X L, WANG Z J, *et al.*. Syntheses, crystal structure, and fluorescent property of a new (4,10)-connected 3D Cd(II) coordination polymer[J]. *Chemistry Letters*, 2015, 44(4):451-453.
- [6] LAN A J, PADMANABHAN M, LI K H, *et al.*. Two-dimensional coordination polymers of Zn(II) and Cd(II) derived from 3,3',5,5'-azobenzene tetracarboxylic acid exhibiting solvent facilitated structure reversibility[J]. *Inorganica Chimica Acta*, 2011, 366(1):68-75.
- [7] 罗亚楠,姜慧莹,刘旭影,等.配合物  $\text{Zn}(5\text{-硝基-8-羟基喹啉})_2$  的合成、结构及荧光性质[J].化学试剂,2015,37(12):1113-1117.  
LUO Y N, JIANG H Y, LIU X Y, *et al.*. Synthesis, structure and fluorescent property of coordination polymer of  $[\text{Zn}(5\text{-nitro-8-hydroxyquinoline})_2]$ [J]. *Chemical Reagents*, 2015, 37(12):1113-1117. (in Chinese)
- [8] WU T, XU H Y, KONG F Z, *et al.*. Synthesis and structure of a Mn(II)-triazolyl coordination polymer consisting of dinuclear units[J]. *Chinese of Journal Structural Chemistry*, 2012, 31:1557-1562.
- [9] LIU W L, YU J H, JIANG J X, *et al.*. Hydrothermal syntheses, structures and luminescent properties of Zn(II) coordination polymers assembled with benzene-1,2,3-tricarboxylic acid involving in situ ligand reactions[J]. *Crystal Engineering Communications*, 2011, 13(7):2764-2773.
- [10] 尤莉艳,李丹,马朝红.邻菲罗啉对苯二甲酸金属配合物的合成及表征[J].科学技术创新,2017,34:67-68.  
YOU L Y, LI D, MA CH H. Synthesis and characterization of phloroline terephthalic acid metal complexes[J]. *Scientific and Technological Innovation Information*, 2017, 34:67-68.
- [11] DEMET O, DURSUN A K, ONUR S, *et al.*. Synthesis and characterization of boric acid mediated metal-organic frameworks based on trimesic acid and terephthalic acid[J]. *Journal of Molecular Structure*, 2017, 1141:261-267.
- [12] 苏雅静,樊婷婷,张美娜,等.4,4'-联吡啶桥联的链状  $\text{Zn}(\text{II})$  配合物:合成、晶体结构和对  $\text{Tb}(\text{III})$  离子的荧光敏化[J].光谱学与光谱分析,2018,7:2170-2174.  
SU Y J, FAN T T, ZHANG M N, *et al.*. 4,4'-Bipyridine bridged chain Zn(II) complex: synthesis, crystal structure and fluorescence sensitization for Tb(III) ion[J]. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2018, 7:2170-2174.

- [13] SHELDRICK G M, SHELXTL N T. Crystal Structure Analysis Package [C]. Version 5. 10; Bruker AXS, Analytical X-ray System; Madison, WI, 1999.
- [14] DOLOMANOV O V, BOURHIS L J, GILDEA R J, *et al.*. OLEX2: A complete structure solution, refinement and analysis program [J]. *Journal of Applied Crystallography*, 2009, 42, 339-341.

#### 作者简介:



祝波(1976—),女,吉林省吉林市人,学士,高级实验师,主要研究方向为金属有机配位聚合物的合成及性能研究。E-mail: 331754506@qq.com



罗亚楠,(1979—),女,吉林省吉林市人,博士,教授。2001年于吉林化工学院获得学士学位,2005年于东北大学获得硕士学位,2013年于哈尔滨工业大学获得博士学位,主要研究方向为金属有机配位聚合物的合成及性能研究。E-mail: yanan\_meimei@163.com

## 向您推荐《液晶与显示》期刊

- 中文核心期刊
- 中国液晶学科和显示技术领域的综合性专业学术期刊
- 中国物理学会液晶分会会刊、中国光学光电子行业协会液晶分会会刊
- 英国《科学文摘》(INSPEC)、美国《化学文摘》(CA)、俄罗斯《文摘杂志》(AJ)、美国《剑桥科学文摘》(CSA)、“中国科技论文统计源期刊”等20余种国内外著名检索刊物和文献数据库来源期刊

《液晶与显示》以材料物理和化学、器件制备技术及器件物理、器件驱动与控制、成像技术与图像处理等栏目集中报道国内外液晶学科和显示技术领域中最新理论研究、科研成果和创新技术,及时反映国内外本学科领域及产业信息动态,是宣传、展示我国该学科领域和产业科技创新实力与硕果,进行国际交流的平台。其内容丰富,涵盖面广,信息量大,可读性强,是我国专业学术期刊发行量最大的刊物之一。

《液晶与显示》征集有关液晶聚合物、胶体等软物质材料和各类显示材料及制备方法、液晶物理、液晶非线性光学、生物液晶;液晶显示、等离子体显示、发光二极管显示、电致发光显示、场发射显示、3D显示、微显示、真空荧光显示、电致变色显示及其他新型显示等各类显示器件物理和制作技术;各类显示新型模式和驱动技术、显示技术应用;显示材料和器件的测试方法与技术;各类显示器件的应用;与显示相关的成像技术与图像处理等研究论文。

《液晶与显示》热忱欢迎广大作者、读者广为利用,踊跃投稿和订阅。

地址:长春市东南湖大路3888号

《液晶与显示》编辑部

邮编:130033

电话:(0431)6176059

E-mail: yjyxs@126.com

国内统一刊号:CN 22-1259/04

国际标准刊号:ISSN 1007-2780

国内邮发代号:12-203

国内定价:50元/期

网 址:www.yjyxs.com