

N-对甲苯磺酰- α -丙氨酸、邻菲咯啉铜、锰配合物的合成、晶体结构及其表征

黄妙龄* 解庆范 马 鹏

(泉州师范学院化学与生命科学学院, 泉州 362000)

摘要: *N*-对甲苯磺酰- α -丙氨酸(Ts- α -Hala), 邻菲咯啉(phen)与金属氯化物在 pH=3~4 的水和有机溶剂中反应, 合成了 2 个新颖的单核配合物[Cu(phen)(Ts- α -ala)₂(H₂O)] (**1**)和[Mn(phen)(Ts- α -ala)(HCOO)(H₂O)₂] (**2**)。X-射线单晶衍射分析表明, 配合物 **1** 为三斜晶系, $P\bar{1}$ 空间群, 晶胞参数: $a=1.174\ 6(2)$ nm, $b=1.182\ 8(2)$ nm, $c=1.493\ 6(3)$ nm, $\alpha=70.22(3)^\circ$, $\beta=88.26(2)^\circ$, $\gamma=62.14(3)^\circ$, $V=1.706\ 0(8)$ nm³, $Z=2$, $F(000)=774$, $R_1=0.055\ 3$, $wR_2=0.118\ 9$; 中心铜离子的配位多面体为畸变的四角锥体, 配合物中存在分子间氢键, 将配合物扩展为一维无限超分子链。配合物 **2** 为单斜晶系, $P2_1/c$ 空间群, 晶胞参数: $a=2.394\ 4(2)$ nm, $b=0.992\ 92(11)$ nm, $c=1.080\ 29(11)$ nm, $\beta=92.750(2)^\circ$, $V=2.565\ 4(4)$ nm³, $Z=4$, $F(000)=1\ 152$, $R_1=0.056\ 9$, $wR_2=0.110\ 5$; 有 6 个原子与中心锰离子配位形成畸变的八面体配位环境, 配合物中存在丰富的氢键, 将配合物扩展为二维层状超分子结构。

关键词: *N*-对甲苯磺酰- α -丙氨酸; 1,10-邻菲咯啉; 铜配合物; 锰配合物; 晶体结构

中图分类号: O614.121; O614.7+11

文献标识码: A

文章编号: 1001-4861(2010)11-2091-06

Synthesis, Crystal Structures and Characterization of Copper, Manganese Complexes with *N*-*p*-Tolylsulfonyl- α -Alanine and 1,10-Phenanthroline

HUANG Miao-Ling* XIE Qing-Fan MA Peng

(College of Chemistry and Life Science, Quanzhou Normal University, Quanzhou, Fujian 362000)

Abstract: Two novel mononuclear complexes [Cu(phen)(Ts- α -ala)₂(H₂O)] (**1**) and [Mn(phen)(Ts- α -ala)(HCOO)(H₂O)₂] (**2**) were isolated from the mixed solvent reaction of *N*-*p*-Tolylsulfonyl- α -Alanine (Ts- α -Hala), 1,10-phenanthroline (phen) and CuCl₂·2H₂O (or MnCl₂·4H₂O), and characterized by elemental analysis, IR, TG and single-crystal X-ray diffraction analysis. Complex **1** is triclinic system, space group $P\bar{1}$ with the cell parameters: $a=1.174\ 6(2)$ nm, $b=1.182\ 8(2)$ nm, $c=1.493\ 6(3)$ nm, $\alpha=70.22(3)^\circ$, $\beta=88.26(2)^\circ$, $\gamma=62.14(3)^\circ$, $V=1.706\ 0(8)$ nm³, $Z=2$, $F(000)=774$, $R_1=0.055\ 3$, $wR_2=0.118\ 9$; The coordination polyhedron of copper ion is distorted square pyramidal. The intermolecular hydrogen bonds results in the structure of one-dimensional supramolecular chain of the complex. The complex **2** is monoclinic system, space group $P2_1/c$ with the cell parameters: $a=2.394\ 4(2)$ nm, $b=0.992\ 92(11)$ nm, $c=1.080\ 29(11)$ nm, $\beta=92.750(2)^\circ$, $V=2.565\ 4(4)$ nm³, $Z=4$, $F(000)=1\ 152$, $R_1=0.056\ 9$, $wR_2=0.110\ 5$. The manganese ion is in a geometry of distorted octahedral built by six coordination atoms. There are a lot of hydrogen bonds in the complex, forming a two-dimensional layered supramolecular structure. CCDC: 754579, **1**; 754578, **2**.

Key words: *N*-*p*-Tolylsulfonyl- α -Alanine; 1,10-phenanthroline; copper complex; manganese complex; crystal structure

收稿日期: 2010-02-08。收修改稿日期: 2010-06-01。

福建省科技厅基金(No.2008F5053)、福建省教育厅基金(No.JA08212)和泉州师范学院硕士点建设立项资助。

*通讯联系人。E-mail: hml301@163.com

第一作者: 黄妙龄, 女, 34 岁, 硕士, 副教授; 研究方向: 配位化学等。

N 保护氨基酸作为氨基酸的一类重要衍生物,在许多生命活动过程中显示着重要的作用,在有机合成中也有特殊的用途。因此,引起了国内外许多化学工作者的兴趣,并报道了不少的研究成果^[1-5]。由于磺酰基团(ArSO_2)取代基有很强的吸电子诱导效应,氨基酸被 ArSO_2 保护后,使得酰胺氮上的氢原子酸性增强,易去质子化^[6-8],以致在不同的 pH 环境下有较多的配位方式,这种行为与许多短肽的配位行为相似,是一种比较合适的短肽的模型分子^[6,9]。本文采用常规溶液法合成了 2 个三元配合物 $[\text{Cu}(\text{phen})(\text{Ts}-\alpha\text{-ala})_2(\text{H}_2\text{O})]$ (**1**) 和 $[\text{Mn}(\text{phen})(\text{Ts}-\alpha\text{-ala})(\text{HCOO})(\text{H}_2\text{O})_2]$ (**2**),并对其进行了表征。

1 实验部分

1.1 仪器与试剂

美国 Nicolet avatar 360 型 FTIR 红外光谱仪(KBr 压片,摄谱范围 $400\sim 4\,000\text{ cm}^{-1}$);德国 Bruker SMART APEX II CCD 衍射仪;德国的耐驰 STA 409 PC 型综合热分析仪(在 N_2 气氛中,升温速率 $10\text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$);德国 Elementar Vario EL 元素分析仪。所有试剂均为分析纯。

1.2 配合物的制备

1.2.1 配合物 1 的制备

准确称取 2 mmol 对甲基苯磺酰丙氨酸溶于 10 mL 1:1 的水和 DMF(*N,N*-二甲基甲酰胺)中,再往溶液中加入 5 mL 含 1 mmol 邻菲咯啉的乙醇溶液,最后加入 5 mL 含 1 mmol 氯化铜的水溶液,调节 pH=3~4, $70\text{ }^\circ\text{C}$ 下反应 12 h。过滤,得蓝色溶液,室温下静

置挥发,37 d 长出蓝色块状晶体。元素分析实验值(%):C 51.59, H 4.52, N 7.58, S 8.53; 按 $\text{C}_{32}\text{H}_{34}\text{CuN}_4\text{O}_9\text{S}_2$ (分子量 746.29)计算值(%):C 51.50, H 4.59, N 7.51, S 8.59。

1.2.2 配合物 2 的制备

准确称取 2 mmol 对甲基苯磺酰丙氨酸溶于 10 mL 1:1 的水和 DMF 中,再往溶液中加入 5 mL 含 1 mmol 邻菲咯啉的乙醇溶液,最后加入 5 mL 含 1 mmol 氯化锰的水溶液,调节 pH=3~4, $70\text{ }^\circ\text{C}$ 下反应 12 h。过滤,得黄色溶液,室温下静置挥发,35 d 长出黄色块状晶体。元素分析实验值(%):C 49.53, H 4.37, N 7.49, S 5.84; 按 $\text{C}_{23}\text{H}_{24}\text{MnN}_3\text{O}_8\text{S}$ (分子量 557.45)计算值(%):C 49.55, H 4.34, N 7.54, S 5.75。

1.3 配合物晶体结构测定

选取配合物单晶置于 Bruker SMART APEX II CCD 衍射仪上,用石墨单色化的 $\text{Mo K}\alpha$ 射线($\lambda=0.071\,073\text{ nm}$)以 $\varphi\text{-}\omega$ 扫描方式于 293(2)和 291(2) K 下收集衍射数据。配合物 **1** 在 $3.19^\circ<\theta<27.48^\circ$ 范围内收集到 17 842 个衍射点,其中独立衍射点 7 786 个($R_{\text{int}}=0.056\,2$);配合物 **2** 在 $2.229^\circ<\theta<26.00^\circ$ 范围内收集到 14 312 个衍射点,其中独立衍射点 5 018 个($R_{\text{int}}=0.048\,9$)。数据经经验吸收校正。晶体结构用直接法解出,对全部非氢原子坐标及其各向异性热参数进行全矩阵最小二乘法修正。所有计算工作均在 PC 机上用 SHELXTL 程序包完成。晶体学数据列于表 1 中。

CCDC:754579, **1**;754578, **2**。

表 1 配合物 1 和 2 的晶体数据和结构参数

Table 1 Crystal data and structure refinement for **1** and **2**

Complex	1	2
Empirical formula	$\text{C}_{32}\text{H}_{34}\text{CuN}_4\text{O}_9\text{S}_2$	$\text{C}_{23}\text{H}_{24}\text{MnN}_3\text{O}_8\text{S}$
Formula weight	746.29	557.45
Temperature / K	293(2)	291(2)
Crystal system	Triclinic	Monoclinic
Space group	$P\bar{1}$	$P2_1/c$
<i>a</i> / nm	1.174 6(2)	2.394 4(2)
<i>b</i> / nm	1.182 8(2)	0.992 92(11)
<i>c</i> / nm	1.493 6(3)	1.080 29(11)
α / ($^\circ$)	70.22(3)	
β / ($^\circ$)	88.26(2)	92.750(2)
γ / ($^\circ$)	62.14(3)	
Volume / nm^3	1.706 0(8)	2.565 4(4)
<i>Z</i>	2	4

续表 1

$D_c / (\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	1.453	1.443
μ / mm^{-1}	0.821	0.647
$F(000)$	774	1152
Crystal size / mm	0.16×0.14×0.12	0.28×0.22×0.20
θ range for data collection / (°)	3.19 to 27.48	2.22 to 26.00
Limiting indices	$-15 \leq h \leq 15, -15 \leq k \leq 15, -19 \leq l \leq 19$	$-29 \leq h \leq 20, -12 \leq k \leq 11, -13 \leq l \leq 13$
Reflections collected / unique (R_{int})	17 842 / 7 786 (0.056)	14 312 / 5 018 (0.048 9)
Data / restraints / parameters	7 786 / 0 / 445	5 018 / 0 / 327
Goodness-of-fit on F^2	1.024	1.05
Final R indices ($I > 2\sigma(I)$)	$R_1=0.055\ 3, wR_2=0.118\ 9$	$R_1=0.056\ 9, wR_2=0.110\ 5$
R indices (all data)	$R_1=0.087\ 0, wR_2=0.134\ 6$	$R_1=0.082\ 8, wR_2=0.116\ 6$
Largest diff. peak and hole/ ($\text{e} \cdot \text{nm}^{-3}$)	462 and -505	369 and -418

2 结果与讨论

2.1 配合物 1 的晶体结构

配合物 1 的主要键长和键角列于表 2, 氢键列于表 3。由图 1 可见, 配合物 1 是由 1 个铜离子 (Cu^{2+})、2 个对甲苯磺酰丙氨酸($\text{Ts-}\alpha\text{-ala}$)、1 个邻菲咯啉(phen)和 1 个配位水分子组成的。铜离子周围有 5 个原子与其配位, 其中 2 个氮原子 (N3 、 N4) 来自 phen, 2 个氧原子(O1 、 O3)分别来自 2 个主配体 $\text{Ts-}\alpha\text{-ala}$ 的羧基, 另外 1 个氧原子(O9)由配位水分子提供。这 5 个配位原子在铜离子周围形成变形的四角锥体的配位环境, 其中 O1 、 O3 、 N3 、 N4 原子在四角

锥体的底面, 4 个原子接近共平面 (扭转角 O3-N4-N3-O1 为 8.80°), 由配位水提供的 O9 在四角锥体的顶点。2 个对甲苯磺酰丙氨酸的羧基均以单齿方式与中心 Cu^{2+} 配位。 Cu-O3 键长为 $0.192\ 8(2)\ \text{nm}$ 与文献^[10]中配合物 $[\text{PipdH}_2]_2[\text{Cu}(\text{Ts-}\alpha\text{-H-ala})_2] \cdot \text{H}_2\text{O}$ 的 Cu-O 键长相等, 但比其他的氮取代氨基酸的 Cu-O 键长要短一些($0.193\ 33 \sim 0.196\ 7\ \text{nm}$)^[10-11, 13-14], Cu-O1 键长为 $0.196\ 4(2)\ \text{nm}$ 属常见范围。配体中没有配位的 O2 原子与中心 Cu^{2+} 的距离为 $0.279\ 9\ \text{nm}$, 和其他此类配合物的相似^[10-11], 而另一配体中没有配位的 O4 原子与中心 Cu^{2+} 的距离为 $0.322\ 9\ \text{nm}$, 明显长很多, 这可能是由于配位水的空间位阻造成的。

表 2 配合物 1 和 2 的主要键长和键角

Table 2 Selected bond lengths (nm) and angles (°) for 1 and 2

1					
Cu1-O3	0.192 9(2)	Cu1-O1	0.196 2(2)	Cu1-N3	0.201 4(3)
Cu1-N4	0.202 2(3)	Cu1-O9	0.232 3(3)		
O3-Cu1-O1	93.81(9)	O3-Cu1-N3	171.62(10)	O1-Cu1-N3	94.10(10)
O3-Cu1-N4	89.93(10)	O1-Cu1-N4	165.47(10)	N3-Cu1-N4	81.72(11)
O3-Cu1-O9	93.59(11)	O1-Cu1-O9	90.60(10)	N3-Cu1-O9	89.10(11)
N4-Cu1-O9	103.18(10)				
2					
Mn1-O1	0.210 0(2)	Mn1-O5	0.214 7(2)	Mn1-O3	0.217 7(2)
Mn1-O6	0.225 0(2)	Mn1-N2	0.227 1(3)	Mn1-N1	0.229 5(3)
O1-Mn1-O5	88.52(8)	O1-Mn1-O3	92.81(8)	O5-Mn1-O3	100.11(8)
O1-Mn1-O6	169.91(9)	O5-Mn1-O6	81.87(8)	O3-Mn1-O6	85.89(8)
O1-Mn1-N2	107.37(9)	O5-Mn1-N2	160.11(9)	O3-Mn1-N2	91.18(9)
O6-Mn1-N2	82.67(8)	O1-Mn1-N1	88.77(9)	O5-Mn1-N1	96.84(9)
O3-Mn1-N1	163.00(9)	O6-Mn1-N1	95.40(9)	N2-Mn1-N1	72.24(9)

表 3 配合物 1 和 2 中氢键的键长和键角

Table 3 Bond lengths and angles of hydrogen bonds for 1 and 2

D-H...A	<i>d</i> (D-H) / nm	<i>d</i> (H...A) / nm	<i>d</i> (D...A) / nm	∠(DHA) / (°)
1				
N1-H1a...O2B	0.086	0.229	0.290 7(4)	129
O9-H9a...O1A	0.067(5)	0.223(5)	0.288 0(5)	163(5)
O9-H9b...O4	0.091(5)	0.181(5)	0.267 3(5)	157(4)
2				
O5-H5Wa...O3A	0.085	0.198	0.273 5(3)	147
O5-H5Wb...O2A	0.085	0.181	0.263 8(3)	167
O6-H6Wa...O4B	0.085	0.209	0.272 5(3)	131
O6-H6Wb...O4A	0.085	0.212	0.271 7(3)	127

Symmetry codes: **1**: A: 1-x, -y, 1-z; B: 2-x, -y, 1-z; **2**: A: x, 1/2-y, 1/2+z; B: -x, 1/2+y, 1/2-z.

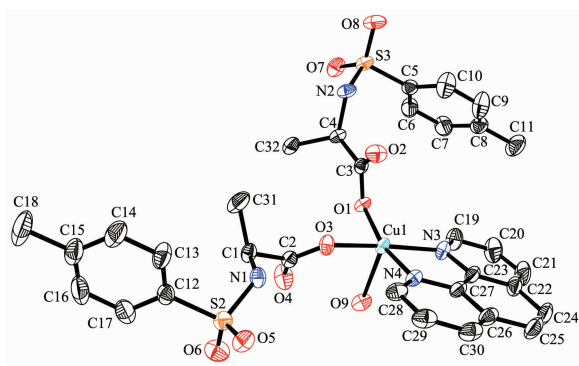
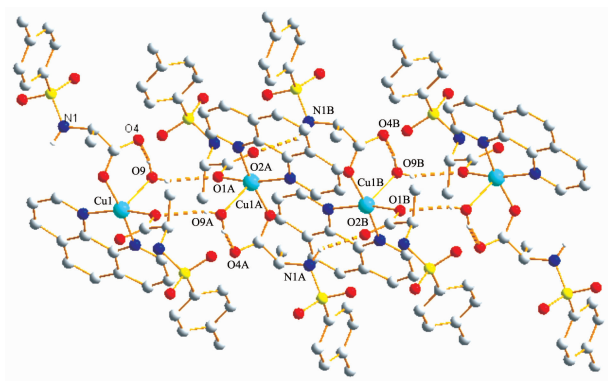


图 1 配合物 1 的分子结构(30%的椭球率)

Fig.1 Molecular structure of complex 1 with displacement ellipsoids (30% probability, all the hydrogen atoms are omitted for clarity)



Symmetry codes: A: 1-x, -y, 1-z; B: -1+x, y, z

图 2 配合物 1 的氢键结构图

Fig.2 Hydrogen bond of complex 1

在 C-O 键中, 氧原子参与配位的 C-O 键长 (C3-O1 0.128 3(4) nm、C2-O3 0.127 3(4) nm) 比氧原子没有参与配位的 C-O 键长 (C3-O2 0.122 3(4) nm、C2-O4 0.122 4(4) nm) 长, 已报道的其他氮取代氨基

酸配合物中也有类似现象^[11,14]。这是因为氧原子和中心 Cu²⁺ 配位后, 氧原子上的电子云偏向 Cu²⁺, 使得氧原子与碳原子的吸引力减弱, 以致 C-O 键长变长。

此外, 相邻的配合物中存在着分子间氢键 N1-H1a...O2B, O9-H9a...O1A 和 O9-H9a...O4, 这些氢键将配合物扩展为一维无限链(见图 2)。

2.2 配合物 2 的晶体结构

配合物 2 的主要键长和键角列于表 2, 氢键列于表 3。由图 3 可见, 在配合物 2 分子中, 除了对甲苯磺酰丙氨酸 (Ts-α-ala) 和邻菲咯啉 (phen) 分子参与配位外, 还有 2 个配位水分子及 1 个甲酸根离子, 反应物中并没有甲酸, 因此可能是 DMF (N,N-二甲基甲酰胺) 分解得来的。Mn²⁺ 离子处于畸变的八面体配位多面体 MnN₂O₄ 环境中, 其中 2 个氮原子 (N1、N2) 来自 phen, 1 个氧原子 (O1) 来自配体 Ts-α-ala 的

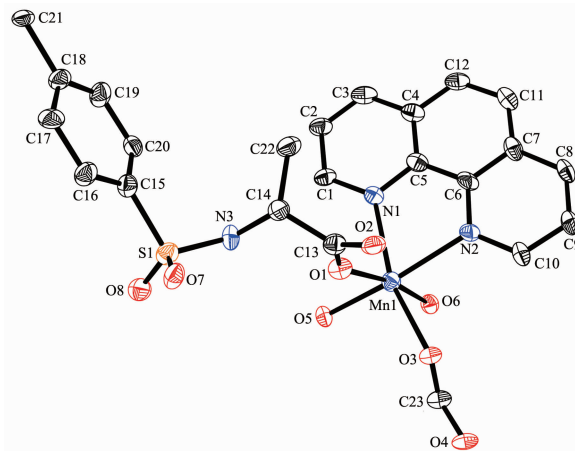
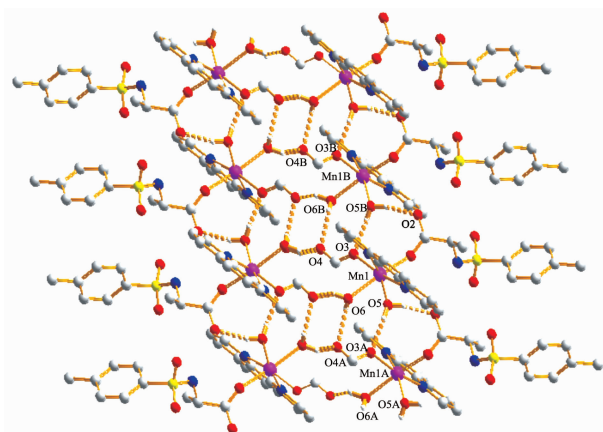


图 3 配合物 2 的分子结构(30%的椭球率)

Fig.3 Molecular structure of complex 2 with displacement ellipsoids (30% probability, all the hydrogen atoms are omitted for clarity)

羧基, 1 个氧原子(O3)来自甲酸根离子, 另外 2 个氧原子(O5、O6)来自 2 个配位水份子。这 6 个原子与 Mn^{2+} 离子形成的键长相差不大, 而 O6-O5-O1-N2 的扭转角为 9.91° , 比 O5-O3-N2-N1 的扭转角为 13.57° 和 O6-N1-O1-O3 的扭转角为 17.94° 都小, 因此认为 O6-O5-O1-N2 在变形八面体的赤道上, O3 和 N1 则在轴向上。配体 Ts- α -ala 的羧基以单齿方式与中心 Mn^{2+} 离子配位, Mn1-O1 键长为 $0.2100(2)$ nm 比文献^[15]中螯合配位羧基的 Mn-O 键长($0.2193(2)$ 、 0.2284 nm(2))还要短。有意思的是, 不管氧原子有没有参与配位, C13-O1 的键长($0.1251(4)$ nm)和 C13-O2 的键长($0.1274(4)$ nm)相差不大, 这与文献^[15]中 C-O 键长($0.1239(2)$ 、 0.1242 nm(2))相类似, 而与本文中配合物 **1** 的现象不同。

配合物 **2** 还存在着丰富的氢键(见表 3), 其中甲酸根离子起着很重要的作用。如图 4 所示, 相邻的两个配合物由分子间氢键 O5-H5Wa $\cdots$ O3A、O5-H5Wb $\cdots$ O2A 和 O6-H6Wb $\cdots$ O4B 相连, 将配合物沿 *c* 轴无限延伸成一维超分子链; 链与链之间通过氢键 O6-H6Wa $\cdots$ O4B 将配合物扩展为二维层状超分子结构(见图 4)。



Symmetry codes: A: $x, 1/2-y, 1/2+z$; B: $-x, 1/2+y, 1/2-z$

图 4 配合物**2**的氢键结构图

Fig.4 Hydrogen bond of complex **2**

2.3 红外光谱特征

配体及配合物 **1** 和 **2** 的主要红外光谱吸收峰列于表 4。从表中可见, 配合物 **1** 和 **2** 中羧基的不对称伸缩振动和对称伸缩振动吸收峰均发生不同程度的红移, 这是因为羧基中的氧原子参与了配位, 氧原子上的孤对电子被拉向金属离子, $-C=O$ 键力常数减小, 造成观测到的羧基频率减小。2 个配合物中 $-SO_2$ 的不对称伸缩振动和对称伸缩振动吸收峰

与文献^[10]报道的有所不同, 文献^[10]中所报道的有关 Ts- α -Hala 的配合物 $\nu(SO_2)_{as}$ 和 $\nu(SO_2)_s$ 分别在 $1230 \sim 1260$ 和 $1120 \sim 1133$ cm^{-1} 范围, 而本文的 2 个配合物则在 1328 和 1167 cm^{-1} 附近。 $-SN$ 键的振动吸收峰则比较接近, 都在 980 cm^{-1} 左右。

表 4 配体及配合物 **1**、**2** 的主要红外光谱吸收峰

Table 4 More relevant infrared bands for **1** and **2**

	cm^{-1}		
	Ts- α -Hala	1	2
$\nu(OCO)_{as}$	1 713vs	1 623vs	1 574vs
$\nu(OCO)_s$	1 435s	1 428s	1 423s
$\nu(SO_2)_{as}$	1 341vs	1 329vs	1 328s
$\nu(SO_2)_s$	1 167vs	1 167vs	1 161vs
$\nu(SN)$	965s	979s	981s

另外, 在 2 个配合物中均发现 850 和 730 cm^{-1} 左右各有 1 个强吸收峰, 归属于 phen 的特征吸收—面外弯曲振动 ν_{CH} ; 配位后与配位前相比发生了红移现象。

2.4 配合物的热分析

分析配合物的 TG-DSC 曲线可知。配合物 **1** 基本上是一次分解完全, 从 180 $^\circ C$ 开始分解到 538 $^\circ C$ 结束, 残重 9.32% , 估计剩余产物为铜单质(理论值为 8.5%), 实验值比理论值稍大一些, 可能是积炭的原因。

配合物 **2** 则是分步分解。第一阶段失重出现在 $130 \sim 375$ $^\circ C$, 失重 49.60% , 约为 1 个对甲苯磺酰丙氨酸根离子和 2 个配位水分子(理论值 49.86%); 第二阶段在 $375 \sim 515$ $^\circ C$ 失重 7.80% , 约为 1 个甲酸根离子(理论值 8.10%); 第三阶段在 $515 \sim 628$ $^\circ C$ 失重 32.83% , 约为 1 个邻菲咯啉分子(理论值 32.30%); 最后残重 9.74% , 估计剩余产物为锰单质(理论值 9.80%)。

参考文献:

- [1] Ma L F, Wang L Y, Huo X K, et al. *Cryst. Growth Des.*, **2008**, *8*(2):620-628
- [2] Liu J Q, Wang Y Y, Ma L F, et al. *Inorg. Chim. Acta*, **2008**, *361*:173-182
- [3] Ma L F, Hu X K, Wang L Y, et al. *J. Solid State Chem.*, **2007**, *180*:1648-1657
- [4] Saladini M, Menabue L, Ferrari E, et al. *J. Chem. Soc., Dalton. Trans.*, **2001**:1513-1519
- [5] Liang F P, Cheng M S, Hu R X, et al. *Acta Cryst. C*, **2004**,

C60:m269-m271

- [6] Antolini L, Menabue L, Pellacani G C, et al. *J. Am. Chem. Soc.*, **1983**,**105**:4333-4337
- [7] Antolini L, Menabue L, Pellacani G C, et al. *J. Chem. Soc. Dalton. Trans.*, **1984**:1687-1692
- [8] Antolini L, Menabue L, Saladini M, et al. *Inorg. Chim. Acta*, **1988**,**152**:17-23
- [9] Antolini L, Sola M, Menabue L, et al. *J. Chem. Soc. Dalton. Trans.*, **1986**,**7**:1367-1373
- [10] Antolini L, Battaglia L P, Bonamartini C A, et al. *J. Am. Chem. Soc.*, **1985**,**107**(5):1369-1375
- [11] Battaglia L P, Bonamartini C A, Marcotrigiano G, et al. *Inorg. Chem.*, **1983**,**22**(13):1902-1906
- [12] Menabue L, Saladini M. *Inorg. Chem.*, **1991**,**30**(7):1651-1655
- [13] Antolini L, Battaglia L P, Battistuzzi G G, et al. *J. Am. Chem. Soc.*, **1983**,**105**:4327-4330
- [14] Antolini L, Menabue L, Saladini M. *Inorg. Chem.*, **1985**,**24**(8):1219-1222
- [15] Ma L F, Wang Y F, Wang L Y, et al. *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **2006**,**632**:675-678

欢迎订阅《无机化学学报》

2011 年全国报刊杂志征订工作已经开始,敬请向贵单位推荐订阅 2011《无机化学学报》。

《无机化学学报》是由中国科协主管,中国化学会主办,南京大学化学化工学院和配位化学研究所承办的基础性学术期刊,面向国内外发行。设有综述、研究快报、论文和研究简报等栏目,报道无机化学领域的基础研究和应用基础研究的创新成果,内容涉及固体无机化学、配位化学、无机材料化学、生物无机化学、有机金属化学、理论无机化学、超分子化学和应用无机化学、催化等。着重报道化合物的合成、结构、成键、谱学和热力学、动力学性质等。

《无机化学学报》编辑委员会由 49 位学术造诣深厚的化学家组成,其中中国科学院院士 18 位。游效曾院士担任主编。

《无机化学学报》已被美国《科学引文索引》(SCI-E)网络版、美国《化学文摘》(CA)、《中国学术期刊文摘》(中、英文版)、《中国科技论文与引文数据库(CSTPCD)》、《中国科学引文数据库》、《中文科技期刊数据库》、《中国期刊全文数据库》、《中国核心期刊(遴选)数据库》等国内外多种著名检索刊物和文献数据库摘引和收录。本刊由中国科协精品科技期刊示范项目资助出版,曾多次荣获“百种中国杰出学术期刊”称号,是读者公认的我国重要的核心学术期刊,有极高的学术价值和优良的编辑出版质量。热忱欢迎广大作者向《无机化学学报》投稿。

《无机化学学报》为月刊,大 16 开本,铜版纸印刷,每册 200 页。2011 年定价 28.00 元/册,全年 336.00 元。国内邮发代号 28-133,欢迎国内读者到当地邮局订阅,国外读者可通过中国国际图书贸易总公司订阅。若通过邮局订阅有困难或错过订阅,请直接与编辑部联系。

竭诚欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆订阅。

通讯地址:南京市南京大学化学楼

电话:025-83592307

网址: <http://www.wjhxxb.cn>

邮编:210093

传真:025-83592307

E-mail: wjhx@nju.edu.cn

《无机化学学报》编辑部