

文章编号: 1007-8827(2010)05-0389-06

HClO₄-CrO₃-石墨层间化合物的制备及其性能

周明善¹, 刘丽梅¹, 李澄俊², 陶 勇²

(1. 云南广播电视大学 化工学院, 云南 昆明 650223;

2. 南京理工大学 化工学院, 江苏 南京 210094)

摘 要: 以天然鳞片石墨、CrO₃、HClO₄为原料,采用化学氧化法制备石墨层间化合物(GIC);研究了反应物用量、反应时间、反应温度对石墨层间化合物膨胀容积的影响。结果表明:按石墨:三氧化铬:高氯酸(质量比)=1:0.3:5,反应温度30℃,反应时间60 min的条件,可制得膨胀容积为555 mL·g⁻¹的石墨层间化合物。采用FTIR、XRD、TG等技术对石墨层间化合物的组成、结构进行表征和分析得知:石墨层间的插入物为ClO₄⁻、Cr₂O₇²⁻。GIC性能特点测试结果说明:所制GIC具有低能耗性能、良好的真空安定性、较好的8毫米波动态衰减效果。

关键词: 石墨层间化合物;膨胀容积;膨胀石墨;化学氧化

中图分类号: TB 34

文献标识码: A

1 前言

石墨层间化合物是一种新型的原子、分子尺度上的复合材料^[1],由于碳原子层与插入物原子的相互作用,在保留天然石墨物化特性的同时,产生了一系列新的理化特性,因而被广泛地应用于机械、电子、化工、消防以及环保等领域^[2-4]。

膨胀石墨是石墨层间化合物的高温膨化产物,其独特的网络状微孔结构^[5-6],密度小、易漂浮以及高导电性,近年来作为毫米波干扰材料应用于军事领域^[7]。实际应用中要求石墨层间化合物具有较高的膨胀容积^[8-10]、完全膨胀时的能量消耗少,以利于产生较好的宽波段干扰效果;而传统方法用H₂SO₄、HNO₃浸渍氧化天然石墨,得到的石墨层间化合物能耗高,膨胀容积小^[11]。

目前,使用CrO₃作为氧化、插层剂,一般通过电化学方法制备石墨层间化合物^[12],而以化学氧化法制备GIC研究的鲜有报道。

笔者采用HClO₄/CrO₃氧化插层体系,利用化学氧化法制备了具有较高膨胀容积的石墨层间化合物;通过对反应物用量、反应时间、反应温度的研究,制定了最佳制备工艺条件;并借助FTIR、XRD、TG对产物的结构进行表征,探讨了相关影响因素及插层机理。

2 实验

2.1 原料

天然鳞片状石墨:粒度500 μm~560 μm,青岛南墅石墨矿;

硝酸插层的石墨层间化合物:粒度500 μm~560 μm,青岛南墅石墨矿;

高氯酸(HClO₄):AR,上海金鹿化工有限公司,质量分数:70.0%~72.0%,密度:1.67 g·mL⁻¹;

三氧化铬(CrO₃):AR,国药集团化学试剂有限公司。

2.2 样品制备

2.2.1 石墨层间化合物制备

称取一定量的CrO₃,在不断搅拌下将其加入盛有HClO₄的烧杯中,待CrO₃充分溶解,再加入天然鳞片状石墨,搅拌并控温反应一定的时间,产物水洗至溶液无色且pH值为中性,抽滤脱水后在60℃下干燥1 h得到石墨层间化合物。

2.2.2 膨胀石墨制备

根据影响点火、传火性能、燃烧速度、分散性能等因素的分析,确定干扰剂的配方(质量分数):石墨层间化合物,55%~60%;含能剂,25%~45%。其中含能剂组成(质量分数):KClO₄或NH₄ClO₄,8%~18%;镁粉,10%~20%;双基火药,2%~8%;Al₂O₃,1%~2%。

收稿日期:2009-04-16; 修回日期:2010-08-08

通讯作者:李澄俊,教授. E-mail:lichengj@mail.njust.edu.cn

作者简介:周明善(1971-),男,博士后,从事宽波段无源干扰材料研究. E-mail:zhmingshan@163.com

按照一定质量比将石墨层间化合物及含能剂经过混合、造粒、干燥后,在敞开体系中燃烧形成膨胀石墨。

2.3 性能测试

石墨层间化合物膨胀容积进行两次平行测定,取其算术平均值为测定结果,单位用 mL·g⁻¹表示。采用美国 NICOLET 公司 NEXUS870 型红外光谱仪、瑞士 ARL 公司 X'TRA 型 X 射线衍射仪分析材料成分并对其结构进行表征。通过 8 mm 波发射、接收装置测试膨胀石墨的动态衰减效果。

3 结果与讨论

3.1 制备工艺条件的选择

3.1.1 三氧化铬用量

在其他工艺条件(反应温度 30 ℃,反应时间 60 min,高氯酸 15 mL,天然鳞片状石墨 5 g)不变的情况下,改变 CrO₃的用量,实验结果如表 1。由表中结果可知,随着 CrO₃用量的增加,石墨层间化合物的膨胀容积逐渐增大,当 CrO₃的量为 1.5 g 时,膨胀容积达到最大 555 mL·g⁻¹,当 CrO₃的量继续增大时,膨胀容积反而呈下降趋势。

CrO₃在化学氧化插层反应中既是氧化剂同时也是插层剂,作为氧化剂的主要作用是打开石墨层的边缘,使得石墨边缘相邻层面的碳原子相互排斥,增大层面间距,降低插层反应的活化能,以便插层剂顺利插入石墨层间。当 CrO₃加入量较少时,氧化性较弱,石墨层间打开的程度不足,HClO₄及 Cr₂O₇²⁻进入石墨层间的通道较少,影响最终的插入量,表现为石墨层间化合物的膨胀容积较小。随着 CrO₃量的增加,石墨层间边缘打开充分,插入剂插入石墨层间的量达到饱和,此时,膨胀容积达到最大值。CrO₃加入过多,则会造成石墨过度氧化,层间撑开过大,已插入层间的插入剂逸出,表现为膨胀容积下降。研究表明,CrO₃的最佳用量为 1.5 g。

表 1 三氧化铬用量对膨胀容积的影响
Table 1 The effect of amount CrO₃ on expansion volume of GIC

CrO ₃ m/ g	0.2	0.5	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	2.5
Expansion volume v/mL·g ⁻¹	425	450	435	460	480	555	450	475	420

3.1.2 高氯酸用量

同3.1.1保持其他工艺条件及 CrO₃用量为1.5 g

的前提下,改变 HClO₄的加入量,实验结果如表 2。可以看出,当 HClO₄的量逐渐增大时,膨胀容积也逐渐增大,至 HClO₄为 15 mL 时,达到最大值。随着 HClO₄的量继续增加,膨胀容积反而逐渐减小。

插层反应中 HClO₄的作用主要有两个:一是作为插层物进入石墨层间;二是构造酸性环境充分提高氧化剂的氧化能力^[13]。HClO₄的用量较小时,天然石墨不能充分被浸渍氧化,插层反应不完全,导致膨胀容积较小。但 HClO₄用量太大,会降低氧化剂的浓度,削弱氧化剂的氧化能力,致使膨胀容积下降。实验证明 HClO₄的最佳用量为 15 mL。

表 2 高氯酸用量对膨胀容积的影响
Table 2 The effect of amount HClO₄ on expansion volume of GIC

HClO ₄ v/ mL	6	8	10	12	15	18	20
Expansion volume v/ mL·g ⁻¹	470	475	480	510	555	470	460

3.1.3 反应时间

在反应温度 30 ℃,最佳反应物配比条件下,反应时间和膨胀容积的关系见表 3。可以看出较为理想的反应时间为60 min。理论上,插层反应首先形成 *n* 阶(*n* > 1)石墨层间化合物,随着反应的深入,逐步由 *n* 阶向低阶转化,直至 1 阶。反应时间过短,石墨层间化合物未及向低阶转化,插层反应不充分,膨胀容积较小。反应时间过长,插层已达饱和的石墨层间化合物,因氧化剂的过度氧化而遭到破坏,致使膨胀容积降低。

表 3 反应时间对膨胀容积的影响
Table 3 The effect of reaction time on expansion volume of GIC

Reaction time t/min	30	45	60	75	90	105	120
Expansion volume v/mL·g ⁻¹	460	490	555	480	475	450	440

3.1.4 反应温度

在最佳反应物配比及时间下,反应温度与膨胀容能的关系见表 4。由表可知,30 ℃为最佳反应温度,此时膨胀容积最大,随着反应温度的不断升高,膨胀容积却逐渐下降。

表 4 反应温度对膨胀容积的影响
Table 4 The effect of reaction temperature on expansion volume of GIC

Reaction temperature t/℃	20	30	40	50	60	70	80
Expansion volume v/mL·g ⁻¹	505	555	510	480	450	440	410

这是由于化学氧化法合成石墨层间化合物属于放热反应,温度过高不利于插层反应的进行;而合成温度过低,又不能使反应物分子完全活化,插层反应速度减慢。当插层反应达到平衡时,继续升高温度,反应则逆方向进行,也就是脱嵌反应,插入物质再逸出,膨胀容积减小。

3.2 石墨层间化合物组成、结构表征

3.2.1 FTIR 分析

图 1 是实验所制石墨层间化合物的 FTIR 图谱。由图 1 可以看出:627 cm^{-1} 处出现 Cl-O 键的较强吸收峰^[14],1 143 cm^{-1} 、1087 cm^{-1} 处出现 ClO_4^- 强的特征吸收峰^[14]。922 cm^{-1} 处较强的吸收峰是 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 的特征吸收峰^[15]。由此可以判断 ClO_4^- 、 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 已经插入了石墨层间,形成了石墨层间化合物。

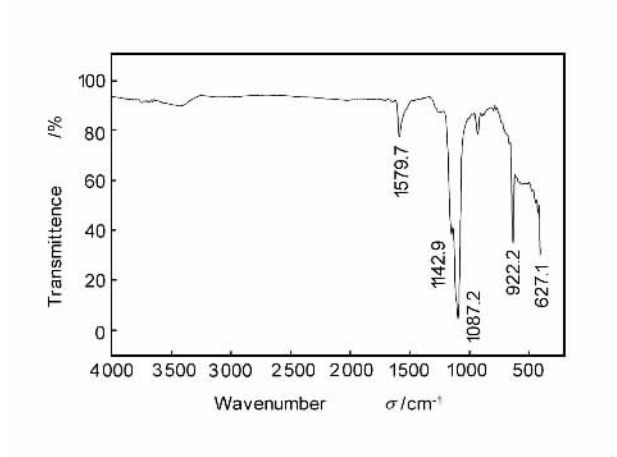


图 1 石墨层间化合物的红外光谱图
Fig. 1 FTIR spectrum of GIC

3.2.2 XRD 分析

图 2 是天然鳞片石墨及其插层化合物的 X 射线衍射图。从图 2(a) 中可清晰地看到,在 $2\theta = 26.580(d = 0.3351 \text{ nm})$ 处有一强峰,这是天然石墨层状结构的特征峰。当 $\text{HClO}_4/\text{CrO}_3$ 插入石墨层间时,会引起层间距的增大,由图 2(b) 可知,天然石墨 $2\theta = 26.580(d = 0.3351 \text{ nm})$ 处的强峰并没有出现,而是发生了分裂,在 $2\theta = 25.500(d = 0.3490 \text{ nm})$ 和 $2\theta = 29.260(d = 0.3050 \text{ nm})$ 处出现了新的衍射峰。这是因为插层分子进入原料石墨层间时,使其沿 C 轴方向膨胀,即 d_{001} 增大,001 面的衍射峰向低角度移动,当插层物插入石墨层间时,会引起层面间距的增大,说明在 C 轴方向上原料石墨形成的复层的周期性重复排列受到破坏。由此可以判断,插层物进入了原料石墨的层间,形成了石墨层间化合物。

由衍射峰的强度,依据公式 $I_R = I_i / (I_k + I_i)$ 可以计算插层率 I_R ^[16]。这里, I_i 为 GIC 插层反应后产生的 d_{001} 衍射峰的强度, I_k 为 GIC 中残留原料石墨 d_{001} 的衍射峰强度。计算结果:插层率 I_R 为 21.4%。

根据 $d_n = d_o + nC_o$ ^[17] 由 X 射线衍射结果可以确定实验制备的主要产物为一阶石墨层间化合物。

3.2.3 TG 分析

图 3 为石墨层间化合物的热重曲线,由图可知,GIC 的热失重过程大致可分为三个阶段:第一阶段为升温初始阶段,温度为 $30^\circ\text{C} \sim 120^\circ\text{C}$,随着温度的升高,石墨层间化合物中水分气化蒸发,引起 GIC

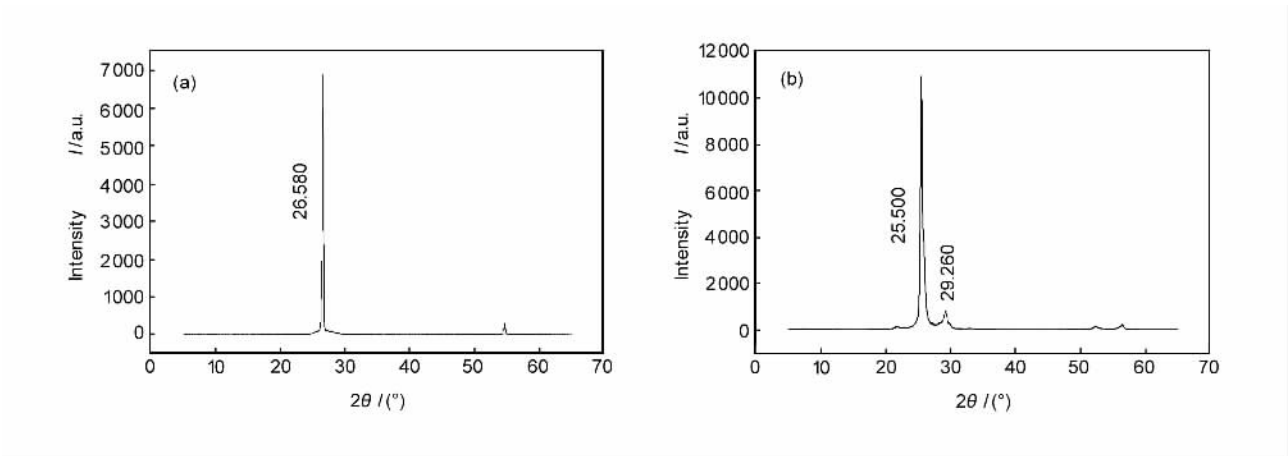


图 2 天然石墨和石墨层间化合物的 X 射线衍射图
Fig. 2 XRD patterns of natural graphite and GIC. (a) Natural graphite, (b) GIC

的轻微失重,约为 2.4%;第二阶段是 GIC 发生急剧失重的阶段,位于 $150^\circ\text{C} \sim 250^\circ\text{C}$ 之间,此过程的失

重率为 11.8%,主要由石墨层间插入物剧烈分解、气化所致,是热分解的主要阶段;第三阶段在 250°C

~600℃之间,此过程随着温度的上升,热失重趋于平缓,只有4%。此后,随着温度的继续升高,失重率逐渐减小。图3显示,开始急剧热失重时的临界温度在150℃~180℃之间,亦即达到或超过此温度时,GIC将表现出较为明显的热失重、膨胀。整个热分解过程总失重约18.2%,与3.2.2中的计算结果较为吻合。

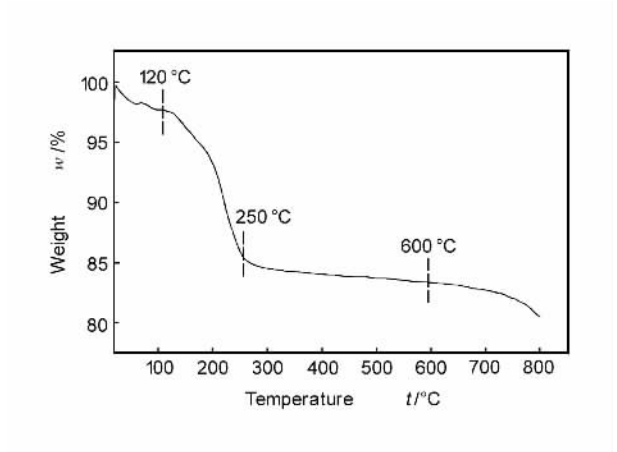


图3 石墨层间化合物的热重分析曲线
Fig.3 TG curve of GIC

3.3 HClO₄-CrO₃-GIC 性能

3.3.1 低能耗性能

干扰剂对毫米波有较强衰减的是 GIC 形成的膨胀石墨,其较高的膨胀容积有利于产生更好的毫

米波衰减效果^[10-11]。由于层间化合物膨化形成膨胀石墨是一个强吸热过程,要使其膨化完全并达到较大的膨胀容积,含能剂就必须提供足够的热量,并形成瞬时高温。但干扰剂中含能剂和 GIC 的比例又相互制约,含能剂比例增大,GIC 的比例势必减少。因此,干扰剂配方的总体设计方向应为:尽可能提高 GIC 的比例,并使其完全膨化,达到较高的膨胀容积。

笔者在干扰剂配方、总量(15 g)、制备工艺等条件相同的条件下,仅改变 HNO₃-GIC、HClO₄-CrO₃-GIC 的比例,将 GIC 和含能剂混合物压制为高度为 30 mm 的柱体,进行点火、传火性能试验,结果见表 5。

由表 5 可知,对于 HNO₃-GIC 来说,GIC 的比例越大,越难点火,燃速也越慢。当 GIC 的质量分数为 60% 时,已经有部分 GIC 由于得不到足够的热量而不能膨胀;65% 时,GIC 剩余更多;70% 时,柱体已不能点燃。然而,在 HClO₄-CrO₃-GIC 体系中,当其比例高达 70% 时,仍然较易点燃;甚至为 75% 时,GIC 仍然可以膨胀完全,无剩余物。

由此可以得出,在干扰剂质量相同时,HClO₄-CrO₃-GIC 呈现出显著的低能耗特性。这可以认为是由于插入石墨层间的 HClO₄的分解温度较低,同时在干扰剂的燃烧反应中,HClO₄、CrO₃作为氧化剂参与了反应,因而降低了含能剂的用量。

表 5 不同 GIC 含量干扰剂的燃烧性能

Table 5 Combustion performance of disturbing agent with different percentage GIC

Sample	GIC <i>w</i> /%	Energetic agent <i>w</i> /%	Ignition performance	Combustion time <i>t</i> /s	Residual GIC <i>m</i> /g
HNO ₃ -GIC	55	45	easy	13.3	0
	60	40	able	14.0	1.6
	65	35	difficult	15.0	2.7
	70	30	disable		
HClO ₄ -CrO ₃ -GIC	55	45	easy	12.4	0
	60	40	easy	13.10	
	65	35	easy	13.8	0
	70	30	easy	15.3	0
	75	25	able	16.9	0

3.3.2 真空安定性(VST)

参照 GJB772A-97《炸药试验方法》对实验所制干扰剂进行真空安定性试验。试验条件为:温度(100±0.5)℃,加热时间:48 h,试样质量:(5±0.01)g。根据汞压力计法 7.2.2 条《评价安定性和相容性的推荐等级》,试样真空安定性合格指标:放

气量≤2.0 mL·g⁻¹。实验结果列入表 6。

由表 6 可以看出,两种干扰剂的放气量分别为 0.189 mL·g⁻¹、0.151 mL·g⁻¹,远小于标准要求的 2.0 mL·g⁻¹,说明这两种干扰剂具有良好的热安定性,符合干扰剂材料“安全储运”方面的要求。

表6 干扰剂真空安定性试验结果

GIC	Temperature	Heating time	Sample mass	Out gassing
<i>w</i> /%	<i>t</i> /℃	<i>t</i> /h	<i>m</i> /g	<i>v</i> /(mL·g ⁻¹)
55	100 ± 0.5	48	5 ± 0.01	0.189
60	100 ± 0.5	48	5 ± 0.01	0.151

3.3.3 8mm 波动态衰减性能

称取 5 g 粒径为 500 μm ~ 560 μm 的 $\text{HNO}_3\text{-GIC}$ 及 $\text{HClO}_4\text{-CrO}_3\text{-GIC}$ 各两份,分别在 900 ℃ 马弗炉供热、含能剂供热(GIC 质量分数均为 60%)加热条件下膨化得到膨胀石墨。而后在烟雾箱中相同测试条件下,通过气流扰动测量所得膨胀石墨的 8 mm 波动态衰减值,结果见表 7。

表7 不同供热方式下膨胀石墨的 8mm 波动态衰减性能
Table 7 Millimeter wave dynamic attenuation performance of exfoliated graphites in different expansion methods

Sample	8 mm transmittance/dB	
	900 ℃ muffle furnace	Expansion agent
$\text{HNO}_3\text{-GIC}$	7.1	9.2
$\text{HClO}_4\text{-CrO}_3\text{-GIC}$	8.9	11.3

结果表明:无论是通过 900 ℃ 马弗炉供热,还是含能剂供热获得的膨胀石墨,对 8 mm 波的衰减效果,都是 $\text{HClO}_4\text{-CrO}_3\text{-GIC}$ 明显的优于 $\text{HNO}_3\text{-GIC}$ 。

4 结论

(1)以天然鳞片石墨、三氧化铬、高氯酸为原料,通过化学氧化法可制得膨胀容积为 555 mL·g⁻¹ 的石墨层间化合物。

(2) $\text{HClO}_4\text{-CrO}_3\text{-GIC}$ 的最佳制备工艺为:石墨:三氧化铬:高氯酸(质量比) = 1:0.3:5,反应温度 30 ℃,反应时间 60 min。

(3)石墨层间的插入物为 ClO_4^- 和 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$,插入率为 21.4%。

(4) $\text{HClO}_4\text{-CrO}_3\text{-GIC}$ 具有低能耗性能,在干扰剂中的最高质量分数可达 70%;所制干扰剂具有良好的真空热安定性;膨化后形成的膨胀石墨对 8 毫米波的动态衰减效果明显优于传统的 $\text{HNO}_3\text{-GIC}$ 。

参考文献

[1] 康飞宇. 石墨层间化合物的研究和应用前景[J]. 新型炭材料, 1991, 6(3, 4): 89-97.
(KANG Fei-yu. Study and application of graphite intercalation compound[J]. New Carbon Materials, 1991, 6(3,4): 89-97.)
[2] Tzeng S. Effects of processing parameters on the structure and

amount of intercalation of copper chloride-graphite intercalation compounds[J]. Journal of Materials Science, 2001(36): 497-501.
[3] Savos´Kin M V, Yaroshenko A P. Stabilities of graphite nitrate by intercalation of organic compounds[J]. Theoretical and Experimental Chemistry, 2004, 40(2): 92-97.
[4] Avdeev V V, Sorokina N E. Synthesis of ternary intercalation compounds in the graphite- $\text{HNO}_3\text{-R}$ ($\text{R} = \text{H}_2\text{SO}_4, \text{H}_3\text{PO}_4, \text{CH}_3\text{COOH}$) systems[J]. Inorganic Materials, 2001, 37(4): 366-371.
[5] 高林, 龚银香, 马玲. 膨胀次数对天然鳞片膨胀石墨微结构的影响[J]. 新型炭材料, 2006, 21(2): 139-143.
(GAO Lin, GONG Yin-xiang, MA Ling. Effect of expansion time on the microstructure of an expanded natural flake graphite [J]. New Carbon Materials, 2006, 21(2): 139-143.)
[6] Michio I K, Tomoya N T, Taisuke S A, et al. Sorption kinetics of various oils onto exfoliated graphite [J]. New Carbon Materials, 2006, 21(2): 97-102.
(稻垣道夫. 膨胀石墨对各种油类的吸附动力学[J]. 新型炭材料, 2006, 21(2): 97-102.)
[7] Uwe Kron, Klaus Moller, Ernest Schulz. Pyrotechnic smoke generator for camouflage purposes: US, 5656794[P]. 1997.
[8] 乔小晶, 张同来, 任慧. 爆炸法制备膨化石墨及其干扰性能[J]. 火炸药学报, 2003, 26(1): 70-73.
(QIAO Xiao-jing, ZHANG Tong-lai, REN Hui. Preparation by explosion method and the interference function of expanded graphite [J]. Chinese Journal of Explosives & Propellants, 2003, 26(1): 70-73.)
[9] 吴昱, 尹喜凤. 可膨胀石墨在爆炸分散型发烟剂中的应用[J]. 火工品, 2004(2): 27-30.
(WU Yu, YIN Xi-feng. Application of expandable graphite in explosive dispersion pyrotechnic composition [J]. Initiators & Pyrotechnics, 2004(2): 27-30.)
[10] 伍士国, 徐铭, 李澄俊. 膨胀石墨对 8 mm 波动态衰减性影响因素研究[J]. 火工品, 2005(2): 1-5.
(WU Shi-guo, XU Ming, LI Cheng-jun. Research on the influential factors of the attenuation properties of expanded graphite at 8 millimeter wave [J]. Initiators & Pyrotechnics, 2005(2): 1-5.)
[11] 伍士国. 可膨胀石墨瞬时膨化与衰减 8 毫米波动态特性研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2004.
(WU Shi-guo. Instantaneous expansion of expansible and the 8mm wave dynamic attenuation characteristic [D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2004.)
[12] Skowronski J M, Phys J. Electrochemical formation and stability of $\text{CrO}_3\text{-HClO}_4\text{-graphite}$ bi-intercalation compounds [J]. Journal of Physics and Chemistry of Solids, 1996, 57(6-8): 695-701.
[13] 魏兴海, 张金喜, 史景利, 等. 无硫高倍膨胀石墨的制备及影响因素探讨[J]. 新型炭材料, 2004, 19(1): 45-48.
(WEI Xing-hai, ZHANG Jin-xi, SHI Jing-li, et al. Preparation of sulfur-free highly expanded graphite[J]. New Carbon Mate-

- rials, 2004, 19 (1) : 45-48.)
- [14] Richrad A N, Rondld O K. Infrared Spectra of Inorganic Compounds[M]. New York : Wiey. 1983.
- [15] 吴瑾光. 近代傅立叶红外光谱技术及应用[M]. 北京: 科技文献出版社, 1994.
(WU Jing-guang. Technology and Application of Modern FTIR Spectroscopy[M]. Beijing: Science and Technology Literature Press, 1994.)
- [16] 马礼敦. 高等结构分析[M]. 上海: 复旦大学出版社, 2003: 382-384.
- (MA Li-dong. Higher Structural Analysis[M]. Shanghai: Fudan University Press, 2003: 382-384.)
- [17] 张瑞军, 刘建华, 沈万慈. 石墨层间化合物的标定方法[J]. 炭素, 1998(2): 5-8.
(ZHANG Rui-jun, LIU Jian-hua, SHEN Wan-ci. Defining methods of the stage structure of the graphite intercalation compounds[J]. Carbon(Chinese), 1998(2): 5-8.)

Properties and preparation of an HClO_4 - CrO_3 -Graphite intercalation compound

ZHOU Ming-shan¹, LIU Li-mei¹, LI Cheng-jun², TAO Yong²

(1. School of Chemical Engineering, Yunnan Radio and TV University, Kunming 650023, China;

2. School of Chemical Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: A graphite intercalation compound (GIC) was prepared by the chemical oxidation method using natural graphite flakes, CrO_3 and HClO_4 as raw materials. The composition and structure of the GIC were characterized and analyzed by FTIR, XRD, TG and the effects of amount of the reactants, reaction temperature and time on the expansion volume of the GIC were investigated. Results showed that the intercalates were ClO_4^- 、 $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ and the biggest expansion volume of $555 \text{ mL} \cdot \text{g}^{-1}$ was achieved with a weight ratio of natural graphite flakes: CrO_3 : HClO_4 being 1:0.3:5, a reaction temperature of 30°C and reaction time of 60 min. The GIC had an excellent vacuum stability and 8 mm wave attenuation ability.

Keywords: Graphite intercalation compound; Expansion volume; Expanded graphite; Chemical oxidation

Corresponding author: LI Cheng-jun, Professor. E-mail: lichengj@mail.njust.edu.cn

Author introduction: ZHOU Ming-shan(1971 -), male, Postdoctor, engaged in research on passive interference materials.
E-mail: zhmingshan@163.com

Aims and Scope of New Carbon Materials

New Carbon Materials publishes research devoted to the physics, chemistry and technology of those organic substances that are precursors for producing aromatically or tetrahedrally bonded carbonaceous solids, and of the materials that may be produced from those organic precursors. These materials range from diamond and graphite through chars, semicokes, mesophase substances, carbons, carbon fibers, carbynes, fullerenes and carbon nano-tubes, etc. Papers on the secondary production of new carbon and composites materials (for instance, carbon – carbon composites) from the above mentioned various carbons are also within the scope of the journal. Papers on organic substances will be considered if research has some relation to the resulting carbon materials.