

CaO对小球藻多糖热解产物分布的影响

田安红, 常国璋, 苗 鹏, 张秀丽, 郭庆杰

(青岛科技大学化工学院, 清洁化工过程山东省高校重点实验室, 青岛 266042)

摘 要: 利用小型固定床反应器,考察CaO对小球藻多糖热解三相产物分布的影响规律,利用气相色谱(GC)、X射线衍射(XRD)、红外光谱(FT-IR)、气相色谱/质谱联用(GC/MS)等测试手段,综合分析CaO与多糖混合热解脱氧的反应路径。结果表明,与多糖热解相比,25%CaO与75%多糖混合热解生物油有机相的含氧量降低7.32%,呋喃类产物明显减少;含氧气体产量整体下降,其中CO₂降低14.87%;固体焦炭的含氧量增加23.11%。CaO与多糖混合热解脱氧主要存在2种反应路径:1)CaO可固定多糖热解过程的部分羰基(C=O)产物;2)生成Ca(OH)₂来降低热解液相产物的含水量。

关键词: 多糖; CaO; 热解; 脱氧; 反应路径; 小球藻

中图分类号: TK6

文献标识码: A

0 引 言

微藻作为第三代生物质能源,是制备液体燃料的良好原料^[1,2]。与陆地生物质相比微藻热解生物油的热值较高^[3],但同时存在氧含量高、稳定性差的缺点^[4]。通过后续提质虽可改性微藻油品^[5],但条件苛刻且难度较大,通常采用催化热解的方法来减少油品中的氧元素,提高生物油的品质。

CaO在改善生物质热解油品性能上具有较大优势^[6-9]。Liu等^[7]利用CaO与HZSM-5共热解秸秆和浮渣,发现CaO的加入比HZSM-5单独催化时,生物油产率及芳烃收率明显提高。Veses等^[8]利用CaO与CaO/MgO在螺旋反应器中450℃下热解木材,所得生物油的酸度和氧含量明显降低。林郁郁^[9]在小型流化床中发现CaO/白松质量比为5时,热解生物油中有机组分的含氧量相比白松直接热解降低21%。

早期研究表明,微藻热解生物油主要包括烃类、醛酮类、醇类、酸类、酯类和含氮化合物,以及呋喃类、吡喃类等衍生物^[10]。多糖热解是呋喃类、酮类、醛类、醇类等含氧化合物的主要来源。文献关于多糖热解过程中氧元素迁移转化的报道较少,缺乏热解过程氧元素转化的基础数据。故本文以小

球藻多糖为原料,加入CaO作为脱氧剂,利用固定床反应器考察CaO对多糖热解过程中含氧产物的分布规律,以期微藻全组分热解的脱氧机理提供理论支持。

1 实 验

1.1 实验原料

选用小球藻多糖为实验原料(以下简称CP),由西安斯诺特生物技术有限公司提供(纯度≥98%)。实验原料的元素与工业分析数据列于表1;单糖组成利用高效液相色谱法(HPLC)测定,结果列于表2。

氧化钙(CaO)购自天津博迪化工股份有限公司,AR级。实验前将CaO在马弗炉850℃下煅烧2h。密封放入干燥器中储存备用。

1.2 实验过程

利用管式炉进行小球藻多糖的热解脱氧实验,如图1所示。将小球藻多糖与CaO按质量比3:1(小球藻多糖10g, CaO 3.33g)混合均匀,装填于石英管中部。为避免物料被热解气吹出,石英管两端用玻璃棉固定。实验开始前采用0.2 L/min的N₂(纯度>99.99%)吹扫30 min,以排除管式炉内的空

收稿日期: 2016-12-16

基金项目: 青岛市应用基础研究计划(14-2-4-5-jch); 山东省自然科学基金重点项目(ZR 2015QZ02)

通信作者: 郭庆杰(1967—), 男, 博士、教授, 主要从事流态化工程、粉体技术、新能源和环境工程等方面的研究。qj_guo@yahoo.com

气。然后以 20 ℃/min 的升温速率将物料升至 550 ℃,到达目标温度后持续 30 min,保证热解反应彻底。利用三口烧瓶在冰水混合物中冷凝并收集热

解液体产物,不可冷凝的气体产物利用气袋收集,反应温度升至 200 ℃后,每 2 分钟收集一次直到反应结束,热解后的固体残渣作为反应的固相产物。

表1 小球藻多糖的工业分析与元素分析

Table 1 Proximate and ultimate analysis of *Chlorella* polysaccharide

样品	工业分析/%,wt				元素分析/%,wt				
	<i>M</i>	<i>V</i>	<i>FC</i>	<i>A</i>	[C]	[H]	[O]	[N]	[S]
CP	2.94	80.88	11.91	4.27	40.19	3.85	48.29	0.53	3.72

表2 小球藻多糖的单糖组成

Table 2 Monosaccharide composition of *Chlorella* polysaccharide

样品	质量分数/%				
CP	甘露糖	岩藻糖	木糖	半乳糖	鼠李糖
	2.94	59.3	0.27	29.8	5.67

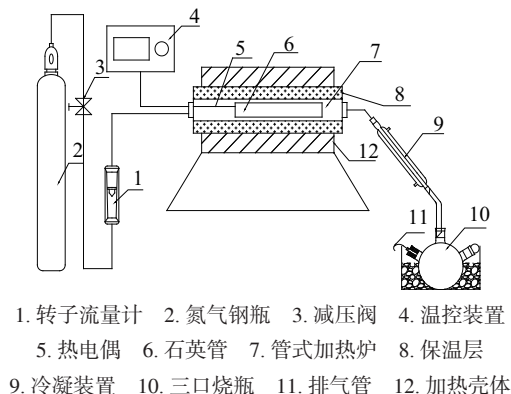


图1 多糖热解装置流程图

Fig. 1 Schematic diagram of pyrolysis apparatus of *Chlorella* polysaccharide

1.3 产物表征

1.3.1 生物油分析

采用德国 Vario EL 公司的 CUBE 型元素分析仪测定生物油的元素组成。采用淄博淄分仪器有限公司 SF101 型微量水分测定仪测定液相产物的含水率,多次重复取平均值。采用美国安捷伦质谱公司的 7890A-7000C 型气相色谱-质谱联用仪 (GC/MS) 分析生物油的组成。GC/MS 的测试条件: HP-5 型毛细管柱,规格 60 m×0.25 mm×0.25 μm。以 He(纯度>99.999%)为载气,分流比 50:1。气化室炉温首先在 40 ℃下保持 3 min,然后以 5 ℃/min 升至 200 ℃,恒温 2 min;然后以 20 ℃/min 升至 280 ℃,恒温 3 min。连接线温度 280 ℃,质谱采用

微电子轰击电离源(EI),检测电压 325 V,离子源温度 230 ℃,质量分析器为四级杆。参照 NIST 2008 谱库分析生物油成分及面积比,重复 2 次取平均以保证数据的准确性。

1.3.2 气相产物分析

气体产物采用美国 PE Clarus 500 型气相色谱仪进行分析,测定其累积产率,气体组分为 CO₂、CO、CH₄、H₂。

1.3.3 固体焦炭分析

利用元素分析仪测定 550 ℃焦炭的元素含量,采用日本理学 D-MAX 2500/PC 型 X 射线衍射 (XRD) 仪,对反应后的固体焦炭进行物相分析。测试条件:辐射源 Cu K_α射线,管压 35 kV,管流 25 mA,扫描范围 10°~80°,扫描速度 0.1°/min,步长 0.02°。

参照 1.2 节的操作条件,分别进行终温 300、400、500 ℃的热解实验,收集剩余固体焦炭。采用德国 Bruker TENSOR27 型傅里叶红外光谱仪 (FT-IR),分析不同热解终温下的固体焦炭的表面官能团信息。测试条件为:采用 KBr 压片,红外光谱分辨率为 4 cm⁻¹,扫描间隔设定为 27 s,光谱范围为 4000~400 cm⁻¹。

2 结果与讨论

2.1 CaO对多糖热解生物油的影响

2.1.1 元素分析

表 3 为去除水分后小球藻多糖热解生物油的元素分析结果。与直接热解相比,CaO 的加入使得多糖热解油品的氧含量明显降低,由 39.78%降至 32.46%;生物油中的 (O+N+S)/C 由 83.8%降至 63%;同时 H/C 由 25.8%升至 30.1%。表明加入 CaO 可降低热解油品中的氧含量,提高油品的氢碳比,起到改善油品性能的作用。

表3 小球藻多糖热解生物油的元素分析

Table 3 Elemental analysis of bio-oil from pyrolysis of <i>Chlorella</i> polysaccharide with or without CaO					
样品	元素分析/% ,wt				
	[C]	[H]	[O]	[N]	[S]
CP	47.72	12.30	39.78	0.025	0.17
CP/CaO	51.79	15.57	32.46	0.043	0.14

表4 添加CaO前后多糖热解油品的主要含氧有机组分对比

Table 4 Comparison of oxygen containing components from pyrolysis of <i>Chlorella</i> polysaccharide with or without CaO				
化合物	CP		CP/CaO	
	峰面积×10 ⁷	面积/%	峰面积×10 ⁷	面积/%
糠醛	40.87	19.85	31.46	11.02
4-羟基-4-甲基-2-戊酮	6.63	3.22	4.78	1.62
糠醇	1.48	0.88	25.62	8.26
1-(乙酰氧基)-2-丙酮	3.77	1.83	10.08	3.52
1-(2-呋喃基)-乙酮	9.16	4.44	11.43	4.50
1-(乙酰氧基)-2-丁酮	9.96	4.84	9.11	3.19
5-甲基-2-呋喃甲醛	30.77	14.95	18.67	6.54
苯酚	4.12	1.38	5.85	2.05
2-羟基-γ-丁内酯	—	—	3.24	1.13
3,4-二甲基-2-环戊烯-1-酮	—	—	3.82	1.34
2-羟基-3-甲基-2-环戊烯-1-酮	4.36	2.12	11.47	4.02
2-甲基苯酚	1.77	0.86	4.52	1.58
对甲酚	2.90	1.41	5.16	1.81
2,5-二甲基-4-羟基-3(2H)-呋喃酮	5.49	2.67	—	—
3-乙基-2-羟基-2-环戊烯-1-酮	—	—	3.75	1.31
1,4:3,6-二脱氢-α-d-吡喃葡萄糖	29.37	14.27	39.91	13.97
3,4-脱水-d-半乳糖	—	—	9.38	3.20
2,3-脱水-d-甘露聚糖	—	—	19.08	6.68
5-羟甲基糠醛	22.59	10.98	11.24	3.03
1,6-脱水-β-d-吡喃葡萄糖	10.73	5.22	—	—

注:—表示未检测到。

图2为加入CaO前后小球藻多糖热解生物油含氧产物的相对含量分布。由图2可知,小球藻多糖热解含氧产物主要包括呋喃类、酮类、酚类、酯类、脱水内醚糖等化合物。在多糖热解的含氧类物质中,呋喃类产物的相对含量最高(54.90%),主要由碳水化合物的脱水断链反应产生^[12,13],糖类、酮

2.1.2 成分与相对含量

表4为添加CaO前后小球藻多糖热解生物油的主要成分对比。由表4可知,小球藻多糖热解产物主要包括糠醛、5-羟甲基糠醛、5-甲基-2-呋喃甲醛、1,4:3,6-二脱水-α-d-吡喃葡萄糖等化合物,有机物种类与褐藻多糖热解产物相似,其中糠醛是所有碳水化合物热解的共同产物^[11]。在CaO与多糖混合热解液相产物中,糠醇,环戊烯酮的含量明显增高;而糠醛、5-羟甲基糠醛、5-甲基-2-呋喃甲醛含量明显减少。

类、酚类、酯类物质相对含量次之。这是由小球藻多糖的基本组成特性所致。由表2可知,小球藻多糖主要由岩藻糖、半乳糖、甘露糖等六碳糖和少量的五碳糖组成,其中岩藻糖与半乳糖相对含量达到89.10%。多糖热解时,六碳糖环的糖苷键(C—O—C)断裂产生自由基,进而异构化形成五元环呋喃。

Sanders 等^[14]研究 D-葡萄糖与 D-果糖的热解特性时也发现六元单糖易热解生成五元环呋喃类物质,而非六元环吡喃或低分子羰基化合物。

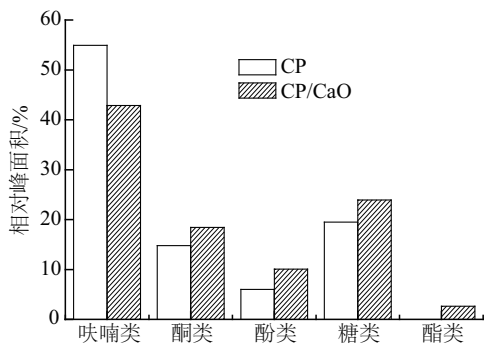


图2 添加CaO前后多糖热解的含氧物质百分含量对比
Fig. 2 Oxygen containing compounds in bio-oils from pyrolysis of *Chlorella* polysaccharide with or without CaO

含氧化合物的存在会降低油品的品质^[5]。呋喃是稳定的芳香化合物,低温热解时较难分解为低分子量的化合物^[14]。相比直接热解,CaO 与多糖共同热解中呋喃类化合物的相对含量降低 12.03%,而酮类、酚类、酯类、脱水内醚糖的相对含量分别增加 3.65%、4.07%、2.61%、4.45%。小球藻多糖热解过程中大分子物质会发生解聚、糖苷键断裂反应,当加入 CaO 时,由于 Ca^{2+} 的吸附效应,吡喃环碳原子与氧原子的电子受不同程度的影响,导致 C—C 和 C—O 键角发生改变,使得键能降低、吡喃环变形^[15]。热解中间衍生物在 CaO 的作用下发生反应,通过断键、重整等反应转变为环酮类、环烃类化合物,使得产物中环戊烯酮含量增加。另外, Ca^{2+} 易进攻呋喃环的环状 π 电子体系,改变其原有电子密度,这可能是糠醇含量升高,糠醛、5-羟甲基糠醛等含量降低的重要原因,降低呋喃衍生物的相对含量,达到脱除部分氧元素的作用。

2.2 CaO对多糖热解气体的影响

表 5 为加入 CaO 前后小球藻多糖热解气体的体积分数对比。小球藻多糖热解时,含氧官能团(如羰基、糖苷键、羟基等)发生裂解反应生成 CO_2 、 CO 、 H_2O 等小分子气体。 CH_4 主要由挥发分二次裂解产生的 $\text{CH}_3\cdot$ 、 $\text{CH}_2\cdot$ 与 $\text{H}\cdot$ 反应生成。

表 5 添加CaO前后多糖热解的气体组成
Table 5 Composition of non-condensable gas from pyrolysis of *Chlorella* polysaccharide with or without CaO

样品	体积分数/%			
	H_2	CO_2	CO	CH_4
CP	0.06	86.32	10.96	2.66
CP/CaO	1.80	71.45	15.98	10.76

加入 CaO 后,小球藻多糖热解气体中 CO_2 的体积分数明显降低,主要由 CaO 吸收 CO_2 所致^[8]; CO 、 CH_4 的体积分数增加, H_2 含量略增。含氧气体的体积分数呈现下降的趋势(97.28%~87.43%)。说明 CaO 的加入促进小球藻多糖热解油品的二次裂解,增强脱羰基和脱甲基作用,最终使得热解气体中 H_2 、 CO 、 CH_4 的体积分数增加。

2.3 CaO对多糖热解固体产物的影响

2.3.1 焦炭的基本物性

表 6 列出了添加 CaO 前后小球藻多糖热解焦炭的元素分析。由表 6 可看出,相比直接热解,添加 CaO 热解的固体产物的氧元素含量大幅升高,由 10.53% 升至 33.64%,这是由于 CaO 参与热解反应所致。

表 6 添加CaO前后多糖热解焦炭的工业与元素分析
Table 6 Proximate and ultimate analysis of biochar from pyrolysis of *Chlorella* polysaccharide with or without CaO

样品	元素分析/% ,wt					
	[C]	[H]	[O]	[N]	[S]	[Ca]
CP	82.63	4.8	10.53	1.61	0.12	0.31
CP/CaO	34.01	2.59	33.64	1.71	0.19	27.87

对加入 CaO 后的热解焦炭与反应前的 CaO 进行 XRD 分析,结果如图 3 所示。对比可知,焦炭的

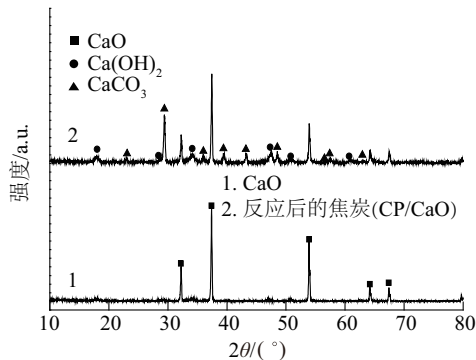


图3 热解反应前后的XRD谱图
Fig. 3 XRD patterns of samples

XRD 谱图中除明显的 CaO 衍射峰外,还出现明显的 CaCO_3 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 衍射峰。

2.3.2 焦炭的官能团信息

为进一步探究 CaO 的作用,将不同终温下多糖热解与 CaO 混合热解焦炭的红外谱图进行对比,如图 4 所示。图 4a 为小球藻多糖热解焦炭的红外谱图,反应温度 300 °C 下,多糖焦炭在 1060~1156 cm^{-1} 处的 C—O 或 O—C—O 开始断裂,这是热解含氧气体(CO_2 、 CO)的重要来源。当热解温度超过 400 °C 时,2918 cm^{-1} 附近的 $-\text{CH}_n$ 峰强度迅速下降,热解反应开始产生 CH_4 、 H_2 。当温度为 500 °C 时,1711 cm^{-1} 处的振动峰基本消失,表明在此温度下已不含有有机 C=O 结构。

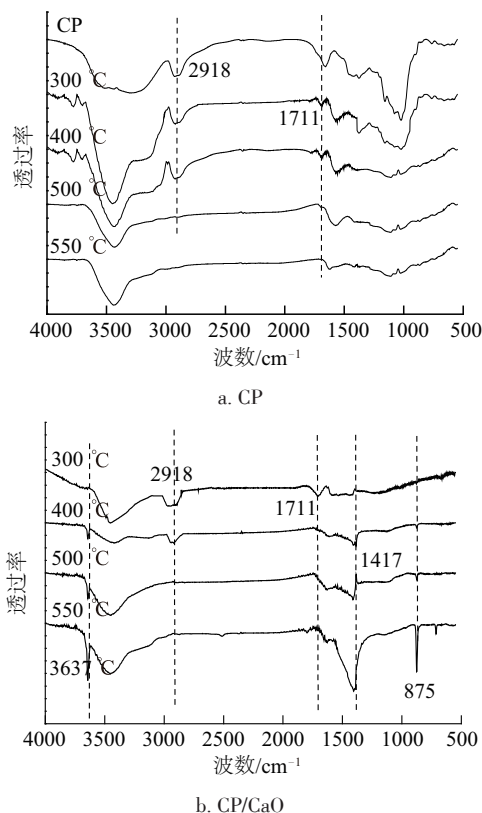


图 4 不同终温下热解固体残渣的 FTIR 谱图

Fig. 4 FTIR spectra of solid residues at different temperatures

图 4b 为加入 CaO 的红外谱图,反应温度为 300 °C 时,固体焦炭在 1711 cm^{-1} 附近出现较强的 C=O 伸缩振动峰,推测 CaO 与羰基化合物发生反应,糖苷键断裂, Ca^{2+} 进攻热解产生的一 O—R 并生成有机钙化合物,促进脱羰基反应的发生,从而表现出较强的 C=O 峰。升至 400 °C 时,此峰减小至消失,且在 1417、875 cm^{-1} 出现新的特征峰,分别对

应方解石型 CaCO_3 晶体中的 CO_3^{2-} 中的 V_3 峰(代表 C—O 不对称伸缩振动峰)及 V_2 峰(代表 O—C—O 面外弯曲振动)^[16,17]。说明 CaO 的加入可降低 C=O 结构的脱除温度。当热解温度升至 400 °C,有机钙化合物开始分解,形成 CaCO_3 及环酮类物质^[18,19],使得液相产物中环酮化合物含量增加。

温度超过 300 °C 的固体焦炭在 3637 cm^{-1} 处均出现振动峰,归因于 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 中 OH 的拉伸振动,主要由 CaO 在热解过程对水的吸附所致。该峰强度随热解温度的升高而增强,图 3 也证实了 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的存在,同时由微量水分测定仪测得,添加 CaO 后热解产物的含水率由 0.278 降至 0.238。说明小球藻多糖热解反应初期产生的水分子或羟基基团被 CaO 吸收而生成 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 。

3 结 论

1)与多糖直接热解相比,添加 CaO 显著降低热解油的含氧率(39.78%~32.46%)及含氧气体 CO_2 的含量(86.32%~71.45%),增加固相产物的氧含量(10.53%~33.64%),初步达到提高油品质量的作用。

2)加入 CaO 显著降低小球藻多糖热解呋喃类产物的含量,从而有效降低热解油品的整体氧含量。

3)CaO 促进小球藻多糖热解脱氧过程存在 2 种反应路径:①通过 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的形式固定热解产物的水分子或羟基基团,降低热解产物的含水率;②固定多糖热解过程的部分羰基(C=O)产物,在低温段(<300 °C)形成有机钙化合物,随温度的升高(≥400 °C)生成 CaCO_3 ,实现热解的在线脱氧。

[参考文献]

- [1] López-González D, Fernandez-Lopez M, Valverde J L, et al. Kinetic analysis and thermal characterization of the microalgae combustion process by thermal analysis coupled to mass spectrometry [J]. Applied Energy, 2014, 114: 227—237.
- [2] Marcilla A, Catalá L, García-Quesada J C, et al. A review of thermochemical conversion of microalgae [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013, 27: 11—19.
- [3] Milano J, Ong H C, Masjuki H H, et al. Microalgae biofuels as an alternative to fossil fuel for power generation [J]. Renewable and Sustainable Energy

- Reviews, 2016, 58: 180—197.
- [4] 杨文衍, 曾 燕, 罗 嘉, 等. 微拟球藻热解及其催化热解制备生物油研究[J]. 燃料化学学报, 2011, 39(9): 664—669.
- [4] Yang Wenyan, Zeng Yan, Luo Jia, et al. Production of bio-oil by direct and catalytic pyrolysis of *Nannochloropsis* sp [J]. Journal of Fuel Chemistry and Technology, 2011, 39(9): 664—669.
- [5] Guo Qingjie, Wu Man, Wang Kai, et al. Catalytic hydride oxygenation of algae bio-oil over bimetallic Ni-Cu/ZrO catalysts [J]. Industrial & Engineering Chemistry Research, 2015, 54(3): 890—899.
- [6] 杨 林, 张秀丽, 杨 雅, 等. CaO 表面更新对微拟球藻催化热解制备生物油的影响[J]. 化工学报, 2014, 65(11): 4340—4346.
- [6] Yang Lin, Zhang Xiuli, Yang Ya, et al. Production of bio-oil by catalytic pyrolysis of *Nannochloropsis* sp. over renewed surface CaO catalysts [J]. Journal of Chemical Industry and Engineering (China), 2014, 65(11): 4340—4346.
- [7] Liu Shiyu, Xie Qinglong, Zhang Bo, et al. Fast microwave-assisted catalytic co-pyrolysis of corn stover and scum for bio-oil production with CaO and HZSM-5 as the catalyst [J]. Bioresource Technology, 2016, 204: 164—170.
- [8] Veses A, Aznar M, Martinez I, et al. Catalytic pyrolysis of wood biomass in an auger reactor using calcium-based catalysts [J]. Bioresource Technology, 2014, 162: 250—258.
- [9] 林郁郁. CaO 伴随生物质热裂解制油在线脱氧的实验研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2011.
- [9] Lin Yuyu. Experimental investigation on biomass fast pyrolysis in the presence of CaO for in-situ deoxygenation of bio-oil [D]. Shanghai: Shanghai Jiaotong University, 2011.
- [10] Wang Shuang, Wang Qian, Jiang Xiumin, et al. Compositional analysis of bio-oil derived from pyrolysis of seaweed [J]. Energy Conversion and Management, 2013, 68: 273—280.
- [11] Anastasakis K, Ross A B, Jones J M. Pyrolysis behaviour of the main carbohydrates of brown macroalgae [J]. Fuel, 2011, 90(2): 598—607.
- [12] Lu Qiang, Xiong Wanming, Li Wenzhi, et al. Catalytic pyrolysis of cellulose with sulfated metal oxides: A promising method for obtaining high yield of light furan compounds [J]. Bioresource Technology, 2009, 100(20): 4871—4876.
- [13] Shafizadeh F, Lai Y Z. Thermal degradation of 1, 6-anhydro- β -D-glucopyranose [J]. The Journal of Organic Chemistry, 1972, 37(2): 278—284.
- [14] Sanders E B, Goldsmith A I, Seeman J I, et al. A model that distinguishes the pyrolysis of D-glucose, D-fructose, and sucrose from that of cellulose. Application to the understanding of cigarette smoke formation [J]. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2003, 66: 29—50.
- [15] 唐 强, 于凤文, 吕红云, 等. 金属离子对生物质热裂解的影响[J]. 化工进展, 2010, 29(Sup1): 48—51.
- [15] Tang Qiang, Yu Fengwen, Lyu Hongyun, et al. Effect of metal ions on pyrolysis of biomass [J]. Chemical Industry and Engineering Progress, 2010, 29(Sup1): 48—51.
- [16] 唐艳军, 李友明, 宋 晶, 等. 纳米/微米碳酸钙的结构表征和热分解行为[J]. 物理化学学报, 2007, 23(5): 717—722.
- [16] Tang Yanjun, Li Youming, Song Jing, et al. Structural characterization and decomposition behavior of micro-sized and nano-sized CaCO_3 [J]. Acta Physico-Chemica Sinica, 2007, 23(5): 717—722.
- [17] 金达莱, 岳林海, 徐铸德. 球形碳酸钙复合物的红外, 拉曼光谱分析研究[J]. 无机化学学报, 2004, 20(6): 715—720.
- [17] Jin Dalai, Yue Linhai, Xu Zhude. Infrared and Raman analysis of spherical CaCO_3 composite [J]. Chinese Journal of Inorganic Chemistry, 2004, 20(6): 715—720.
- [18] Lu H, Khan A, Smirniotis P G. Relationship between structural properties and CO_2 capture performance of CaO-based sorbents obtained from different organometallic precursors [J]. Industrial & Engineering Chemistry Research, 2008, 47(16): 6216—6220.
- [19] Yang Xulai, Zhang Jian, Zhu Xifeng. Decomposition and calcinations characteristics of calcium-enriched bio-oil [J]. Energy & Fuels, 2008, 22(4): 2598—2603.

EFFECT OF CaO ON DISTRIBUTION OF PYROLYSIS PRODUCTS OF *Chlorella* POLYSACCHARIDE

Tian Anhong, Chang Guozhang, Miao Peng, Zhang Xiuli, Guo Qingjie

(Key Laboratory of Clean Chemical Processing of Shandong Province, Qingdao University of Science & Technology, Qingdao 266042, China)

Abstract: The effect of CaO on the distribution characteristics of three phases products from pyrolysis of *Chlorella* polysaccharide was studied by means of a small fixed-bed reactor. Reaction path of CaO deoxidation were analyzed comprehensively by GC, XRD, FT-IR and GC-MS. The results show that compared with the direct pyrolysis of *Chlorella* polysaccharide, the oxygen content of organic components decrease by 7.32% and the furan products reduce obviously; The release of CO₂ decreases by 14.87% and oxygen-containing gas yield overall decline; Furthermore, the oxygen content of solid coke increase by 23.11% when the mass ratio of CaO and polysaccharide was 1/3. FT-IR results indicate that there are two reaction paths in the deoxidation reaction of polysaccharides with CaO: one is to play an important role in the fixation of carbonyl (C=O) from pyrolysis of *chlorella* polysaccharide, and the other is to reduce the moisture of liquid products by generating Ca(OH)₂.

Keywords: CaO; pyrolysis deoxidation; reaction path; polysaccharide; *Chlorella*