

烟草和烟气化学

介孔复合体 EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 降低卷烟主流烟气中铬和镉释放量的研究

宁敏^{1,2}, 田振峰^{1,2}, 徐迎波^{1,2}, 胡立忠^{1,2}, 姚成鹏^{1,3},
张悠金^{1,3}, 范允^{1,3}, 周茂忠^{1,3}, 吴海^{1,3}

1 安徽中烟 - 中国科大烟草化学联合实验室 合肥 230026;

2 安徽中烟工业有限责任公司 合肥 230088;

3 中国科学技术大学化学系, 烟草与健康研究中心 合肥 230026

摘要: 以 γ - Al_2O_3 介孔固体、EDTA-4Na $\cdot$ 4H $_2$ O 为原料, 采用浸渍法制备了介孔复合体 EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 , 利用透射电子显微镜 (TEM)、X-射线粉末衍射 (XRD) 及热重分析 (TG) 等对材料的结构和性能进行了表征, 将介孔复合体 EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 添加到滤棒中, 制成介孔复合体二元复合滤棒, 并制成卷烟, 考察其对卷烟主流烟气 Cr 和 Cd 释放量的影响。结果表明: 将介孔复合体 EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 按每支滤嘴 16.25mg 的添加量添加到二元复合滤棒中, 可使卷烟主流烟气中的 Cr 及 Cd 释放量分别降低 33.2% 和 31.1%。同时, 本文还对介孔复合体 EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 降低卷烟主流烟气中 Cr 及 Cd 释放量的可能机理进行了探讨。

关键词: 介孔复合体; 主流烟气; 铬; 镉; 降低; 机理

引用本文: 宁敏, 田振峰, 徐迎波, 等. 介孔复合体 EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 降低卷烟主流烟气中铬和镉释放量的研究 [J]. 中国烟草学报, 2015, 21 (6)

卷烟中重金属通过燃吸伴随烟气被吸入人体, 已经证明重金属可引起肺癌、口腔癌、食道癌等疾病^[1]。降低卷烟烟气中重金属释放量、减少吸烟危害已成为当前的研究重点。近年来, 降低卷烟烟气中重金属的主要技术方法有: 改进烟草种植条件^[2-4]、改良烟草抗重金属基因^[5]、改良卷烟加工工艺^[6]、烟丝添加剂、新型减害滤嘴^[4,7-8]等。尽管实践已经证明控制烟草种植条件可以有效减少烟气中重金属释放量, 但控制烟草种植条件涉及到千千万万个烟农, 要在短时间内迅速提高种植水平难度大; 改良烟草抗重金属基因短时间内也难达到满意的效果; 因此, 应用添加剂降低卷烟主流烟气中的重金属释放量已成为当前的研究热点。周雯等^[8]将壳聚糖、茶多酚、分子筛材料分别添加到卷烟烟丝或滤嘴中, 进行降低烟气重金属释放量的应用研究, 其中壳聚糖的降低效果最好, 并研

究了壳聚糖不同添加量、不同脱乙酰度、不同分子量对烟气中重金属释放量降低效果的影响, 其最高可使烟气中 Cr、Cd 的释放量分别降低 55% 和 45%; 周国俊等^[7]的专利将叶绿素铜钠盐添加到烟丝或滤嘴中, 可有效截留烟气中的重金属元素; J·W·小卡拉维等^[9]制备了添加壳聚糖衍生物的新型降低重金属滤嘴, 其对烟雾中的醛、氰化氢、重金属及羰基化合物有一定的脱除作用; Jay A Fournier 等^[10]制备了添加特定巯基官能化的吸附剂的新型降低重金属滤嘴, 其对烟气中的汞和镉有较佳的脱除效果。将 EDTA-4Na 材料直接添加到滤棒中的研究尚未见报道。本文中制备了介孔复合体 EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 , 并将其添加到滤棒中, 制成卷烟, 进行降低卷烟主流烟气中 Cr 和 Cd 释放量的研究, 取得了较好的效果。

基金项目: 安徽中烟工业有限责任公司 - 中国科学技术大学烟草化学联合实验室项目资助 (皖烟工 [2012] 号 372); 安徽中烟工业有限责任公司 20121025

作者简介: 宁敏 (1967—), 硕士, 高级工程师, 主要从事烟草化学研究和管理工作, Tel: 0551-65738666, Email: ningminah@aliyun.com

通讯作者: 张悠金 (1955—), 博士, 教授, 主要从事卷烟降焦减害、烟草重金属形态分析和纳米材料制备及应用研究等, Tel: 0551-63492083,

Email: zyj@ustc.edu.cn

收稿日期: 2014-10-31

1 实验部分

1.1 试剂和仪器

γ - Al_2O_3 介孔固体 (江西萍乡, 40-80 目), EDTA-4Na $\cdot$ 4H $_2$ O (分析纯, 沪试), 某种烤烟型牌号卷烟 (合肥卷烟厂提供)。JYD-900A 超声波发生仪, RM20H 转盘式吸烟机 (德国 borgwaldt kc 公司), P-800A 原子吸收光谱仪 (美国 PerkinElmer 公司)。材料的 X-射线衍射 (XRD) 是在 MXP18AHF (MAC Science Co. Ltd.) X 射线衍射仪上进行的, 采用石墨单色器 Cu K α 线作为入射光源 ($\lambda=0.15418\text{ nm}$), 扫描速度 $0.05^\circ/\text{s}$, 扫描范围 2θ 从 10° 到 70° 。材料的透射电镜像 (TEM) 是在 JEOL 2010 型高分辨透射电子显微镜上得到的, 工作电压为 200 KV。材料的热重分析 (TG) 是在 Rigaku 标准模式热分析仪上得到的, 升温速率为 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 。

1.2 EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 的制备

取颗粒介孔固体 γ - Al_2O_3 10g, 在 150°C 下干燥 12 h; 将 0.5947g EDTA-4Na $\cdot$ 4H $_2$ O 溶于 20mL 去离子水中, 加入预先干燥好的 γ - Al_2O_3 固体, 室温搅拌 48h 后, 在 80°C 水浴中搅拌保温 30 min; 将得到的混合物过滤, 然后将滤渣于 150°C 下烘干后再次加入

到剩余的滤液中, 如此反复吸附-烘干, 直到溶液被吸附完全。最后将产物 150°C 下烘干, 得介孔复合体 EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 , 置干燥器内备用。

1.3 卷烟样品的制备

1.3.1 二元复合滤棒的制备

取介孔固体 γ - Al_2O_3 3.0kg 和制备好的介孔复合体 EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 3.0kg 分别上机进行二元复合滤棒的制备, 选用 Y 型 3.33dtex/3.56ktex 规格的醋纤丝束, 设置加料段长度 10mm, 不加料段长度 15mm, 二元滤棒总长 100mm。设置加料段添加量均为 1.625mg/mm。同时机制不添加任何材料的二元复合滤棒作为对照。共机制了 3 种不同的二元复合滤棒, 分别为添加了介孔固体 γ - Al_2O_3 的二元复合滤棒 LB1, 添加了介孔复合体 EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 的二元复合滤棒 LB2 和不添加任何材料的对照二元复合滤棒。3 种滤棒的物理参数见表 1 所示。LB2 切后得到的二元复合滤嘴的示意图见图 1 所示。

1.3.2 机制卷烟的制备

将上述 3 种滤棒分别机制卷烟, 得相应的样品卷烟 1, 样品卷烟 2 和对照卷烟。其中, 烟丝均采用某种已知重金属含量较高的卷烟叶组配方, 除二元复合滤嘴不同以外, 所有卷烟的制备条件完全一致。

表 1 二元复合滤棒部分物理参数的检测结果

Tab. 1 Detection results of some physical parameters of the two element composite filter rods

项目	对照滤棒	LB1	偏差 /%	LB2	偏差 /%
重量 /(mg/支)	868.5 ± 1.483	932.6 ± 1.593	7.4	933.2 ± 1.897	7.4
吸阻 /Pa	3710 ± 4.680	3764 ± 1.727	1.5	3787 ± 4.633	2.1
圆周 /mm	24.10 ± 0.116	24.10 ± 0.098	/	24.10 ± 0.096	/
圆度 /mm	0.22 ± 0.001	0.22 ± 0.001	/	0.22 ± 0.001	/

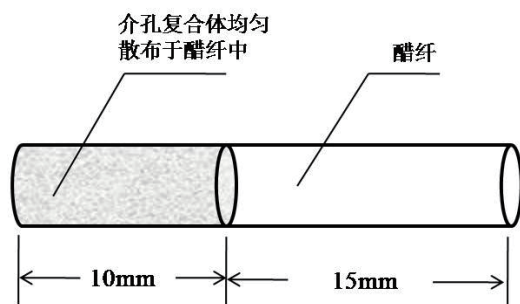


图 1 添加介孔复合体的二元复合滤棒示意图

Fig. 1 Schematic illustration for the two element composite filter rod which was added with the mesoporous composite

1.4 检测方法

1.4.1 烟气 7 种成分释放量的检测

按照 GB/T 23356-2009、YC/T 403-2011、GB/T 23228-2008、YC/T 377-2010、GB/T 21130-2007、YC/T 255-2008 和 YC/T 254-2008 标准方法分别测定卷烟主流烟气中 CO、HCN、NNK、NH $_3$ 、苯并[a]芘、苯酚和巴豆醛的释放量。

1.4.2 卷烟主流烟气中 Cr 和 Cd 释放量的检测

按照石墨炉原子吸收光谱法 (YCT 294-2009) 测定卷烟主流烟气中 Cr 和 Cd 的释放量。每种样品检

测平行 2 次, 取平均值。

1.4.3 卷烟感官评价

按照标准方法 GB 5606.4-2005 《卷烟 第 4 部分: 感官技术要求》对卷烟进行感官评价。

2 结果与讨论

2.1 介孔复合体的结构分析

2.1.1 EDTA-4Na·4H₂O 的热重分析

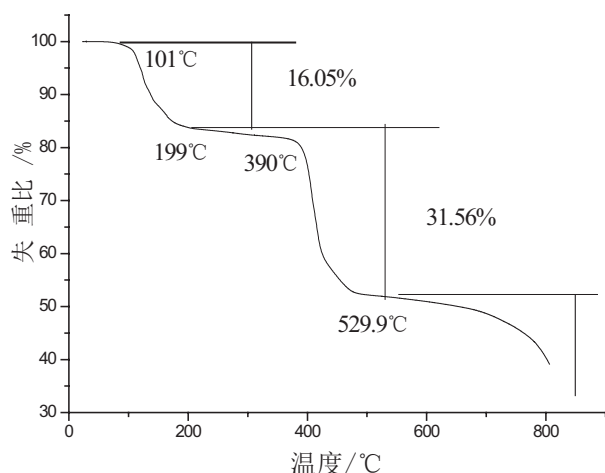


图 2 EDTA-4Na·4H₂O 的热重分析图

Fig. 2 Thermogravimetric analysis curve of EDTA-4Na·4H₂O

图 2 是 EDTA-4Na·4H₂O 的热重分析图, 从图 2 中可以看出, EDTA-4Na·4H₂O 的失重过程大致可分为 3 个阶段。第一阶段为 4 个结晶水的失去, 从 101°C 到 199°C, 失重率约为 16.05% (理论失重率为 15.94%); 199°C 以上, EDTA-4Na 分两个阶段裂解。由于滤嘴中温度一般为 40-60°C, 最高不会超过 100°C, 将介孔复合材料添加到滤嘴中不会发生热裂解而产生其他物质, 所以该材料添加到滤嘴中是安全的。

2.1.2 材料的 XRD 表征

图 3 为 EDTA-4Na, γ - Al_2O_3 和 EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 的 XRD 图。由图 3 可知, 图 3c 中的峰是由图 3a 和图 3b 中的峰组合而成。所以, 由此可以推断 EDTA-4Na 已被组装到 γ - Al_2O_3 中, 得到了介孔复合体 EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 。

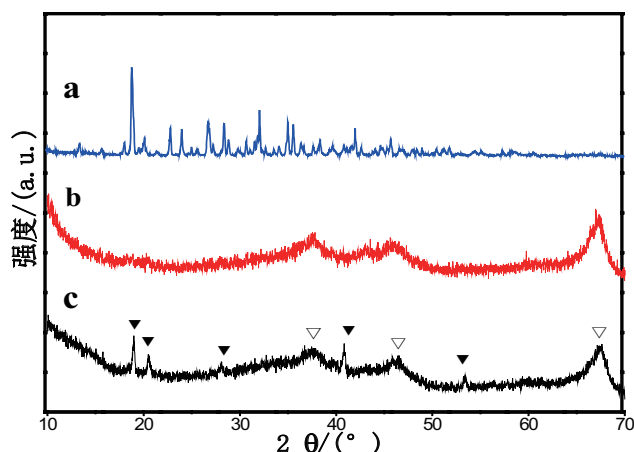


图 3 材料的 XRD 图: a EDTA-4Na; b γ - Al_2O_3 ; c EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3

Fig. 3 XRD patterns of materials: a EDTA-4Na; b γ - Al_2O_3 ; c EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3

2.1.3 介孔复合体的透射电镜像

图 4 是 γ - Al_2O_3 和 EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 的透射电镜像。由图 4a 可知, γ - Al_2O_3 的孔道呈管道状, 最可几孔径为 3-4nm, 由此可知该材料为介孔固体, 其表面和内部均匀, 没有任何其他颗粒存在。由图 4b 可知, 介孔固体内部负载了新的物质, 结合图 3 可知, 此物质是 EDTA-4Na。所以, EDTA-4Na 已被组装到介孔固体 γ - Al_2O_3 的孔道中, 得介孔复合体 EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 , 这与 XRD 的结果一致。

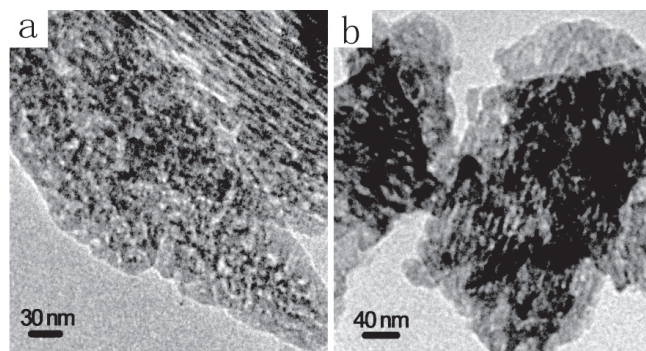


图 4 材料的透射电镜像: a γ - Al_2O_3 ; b EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3

Fig. 4 TEM images of materials: a γ - Al_2O_3 ; b EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3

2.2 介孔复合体 EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 的应用实验

按照 1.3.2 中机制卷烟的制备方法, 制备了样品卷烟 1, 样品卷烟 2 和对照卷烟。并按照标准方法检测了这 3 种卷烟的主要理化指标及其主流烟气中 Cr 和 Cd 的释放量, 结果分别见表 2 和表 3。

表 2 卷烟物理化学指标的检测结果
Tab. 2 Test results of physical and chemical index for cigarettes

项目	对照卷烟	样品卷烟 1	偏差 /%	样品卷烟 2	偏差 /%
重量 /(mg/ 支)	960.5±0.277	976.8±0.235	1.70	976.9±0.499	1.71
吸阻 /Pa	1087±0.475	1098±0.382	1.01	1108±0.583	1.93
圆周 /mm	24.45±0.041	24.37±0.049	-0.33	24.31±0.049	-0.57
滤嘴	对照滤棒	LB1	/	LB2	/
滤材类型	醋纤	醋纤	/	醋纤	/
滤嘴长度 /mm	25±0.01	25±0.01	/	25±0.01	/
抽吸口数 /(口 / 支)	7.3±0.275	7.4±0.224	1.37	7.5±0.234	2.74
总颗粒物 /(mg/ 支)	16.2±0.1	14.8±0.1	-8.64	14.3±0.1	-11.73
烟气烟碱量 /(mg/ 支)	1.20±0.01	1.11±0.01	-7.50	1.11±0.01	-7.50
水分 /(mg/ 支)	2.32±0.01	2.26±0.01	-2.59	2.25±0.01	-3.02
焦油量 /(mg/ 支)	12.2±0.2	10.8±0.1	-11.48	10.2±0.1	-16.39

注：重量、吸阻、圆周、滤嘴长度和抽吸口数数值是基于随机抽取的 20 支卷烟样本，而总颗粒物、烟碱、水分、焦油量数值是根据随机抽取的 3 包卷烟样本。

表 3 卷烟主流烟气中 Cr 和 Cd 释放量的检测结果
Tab. 3 Detection results of release amount of Cr and Cd in cigarette mainstream smoke

样品	Cr 释放量 /(ng/cig)	降低率 /%	Cd 释放量 /(ng/cig)	降低率 /%
对照卷烟	15.81	-	448.82	-
样品卷烟 1	12.96	18.0	369.42	17.7
样品卷烟 2	10.56	33.2	309.24	31.1

由表 2 和表 3 可知：与对照卷烟相比，样品卷烟 1 和 2 的吸阻、圆周都变化不大，而主流烟气中的总颗粒物、烟碱、水分和焦油量都有一定程度的降低。样品卷烟 1 与对照卷烟相比，其主流烟气中 Cr 和 Cd 的释放量降低率分别为 18.0% 和 17.7%，这可能是介孔固体吸附所致；样品卷烟 2 主流烟气中 Cr 和 Cd

的降低率分别为 33.2% 和 31.1%，与样品卷烟 1 相比，其降低率分别高出 15.2% 和 13.4%，这可能是 EDTA-4Na 对金属元素的络合作用所致。扣除焦油降低率，其 Cr 和 Cd 的选择性降低率分别为 16.8% 和 14.7%。

按照标准方法分别检测了样品卷烟 2 和对照卷烟主流烟气中七种有害成分的释放量，结果见表 4 所示。

表 4 卷烟主流烟气中七种成分的检测结果
Tab. 4 Detection results of the seven ingredients for cigarette mainstream smoke

样品	CO/ (mg 支)	HCN/ (μg/ 支)	NNK/ (ng/ 支)	氨 / (μg/ 支)	苯并 [a] 芘 / (ng/ 支)	苯酚 / (μg/ 支)	巴豆醛 / (μg/ 支)	H 值
对照卷烟	12.3	120.5	4.7	9.1	8.1	11.3	15.7	8.43
样品卷烟 2	10.2	79.7	4.7	7.5	6.7	10.7	15.6	7.30

从表 4 中的结果可以看出, 样品卷烟 2 与对照卷烟相比, 由于焦油量的降低导致 CO、氨和苯并[α]芘都有相应的降低, HCN 的降低率为 33.9%, 高于焦油量的降低率 16.4%, 这可能是介孔复合体 EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 对其有一定的选择性吸附所致, 然而具

体的原因还有待于进一步的探讨。

为了比较样品卷烟 2 与对照卷烟的感官质量, 组织了 11 名感官评吸专家按照标准方法对两种卷烟进行了感官评价, 结果见表 5。

表 5 卷烟感官评价结果
Tab. 5 Evaluation results of sensory quality for cigarettes

样品	光泽	香气	谐调	杂气	刺激性	余味	得分
对照卷烟	5.0	29.9	5.0	11.0	17.6	22.5	91.0
样品卷烟 2	5.0	29.5	4.9	10.9	17.8	23.2	91.3

从表 5 中的结果可以看出, 样品卷烟 2 与对照卷烟相比, 香气、谐调、杂气品质略有降低, 而刺激性和余味品质略有提高, 样品卷烟 2 的总得分略高于对照卷烟, 其感官质量符合要求。

2.3 介孔复合体 EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 降低 Cr 和 Cd 释放量的机理探讨

介孔复合体 EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 降低卷烟主流烟气中 Cr 和 Cd 释放量的机理可概括为两种: 吸附截留和络合截留。降低主流烟气中 Cr 和 Cd 的两种机理示意图如图 5 所示。

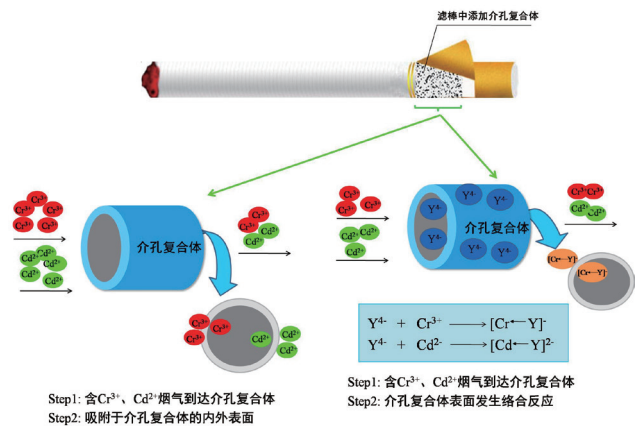


图 5 EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 降低卷烟主流烟气中 Cr 和 Cd 释放量的两种机理示意图

Fig. 5 Schematic illustration for the two mechanisms of EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 reducing the release amount of Cr and Cd in cigarette mainstream smoke

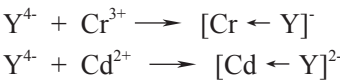
2.3.1 吸附截留机理

卷烟烟气中所含的重金属主要是以气溶胶或金属氧化物的形式存在^[11-12], 可随烟气进入人体, 一般卷烟的过滤嘴是由醋纤制成, 早期的醋酸纤维滤嘴对

烟气中的重金属无明显吸附效果^[1]。当在普通醋纤滤嘴中添加介孔复合体 EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 时, 则能很好地提高吸附截留效果。实验中所用介孔复合体 EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 是多孔材料, 表面积大, 极细小的气溶胶和金属氧化物可进入其孔道之中, 由于重金属气溶胶粒子一般都带有电荷, 其在通过孔道或颗粒表面时很容易受静电作用被吸附截留下来, 从而使卷烟主流烟气中的 Cr 和 Cd 释放量降低。

2.3.2 络合截留机理

EDTA-4Na 是一种重要的金属络合剂, 几乎可以与所有的金属发生络合作用^[13-14], 当烟气的溶胶微粒进入介孔复合体的孔道或在颗粒表面时, 除了物理吸附作用以外, 其中的重金属还可以与介孔复合体中的 Y^{4-} (EDTA^{4-}) 发生络合反应被截留, 从而使卷烟主流烟气中的 Cr 和 Cd 释放量降低。具体反应可表示如下:



同时还检测了卷烟主流烟气中的 Pb、As、Ni 等其他重金属元素的释放量, 发现它们的释放量分别降低了 21.1%、20.4% 和 23.4%, 降低的效果不如 Cr 和 Cd 明显。因此, 本文中重点讨论了降低效果较好的 Cr 和 Cd 两种元素。

3 小结

本文对介孔复合体 EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 的制备和应用进行了研究, 实验结果表明: 将所制得的介孔复合体 EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 按每支滤嘴 16.25mg 的添加量添加到二元复合滤棒中可使卷烟主流烟气中的 Cr 和 Cd 释放量分别降低 33.2% 和 31.1%。同时, 本文

还探讨了介孔复合体 EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 降低卷烟主流烟气中 Cr 和 Cd 释放量的可能机理, 主要有吸附截留和络合截留二种。

参考文献

- [1] 陈庆华, 陈玉成, 等. 吸烟过程中重金属的来源解析及预防 [J]. 微量元素与健康研究, 2005, 22(5): 47-49.
- [2] David J. Walker, Rafael Clemente, M. Pilar Bernal. Contrasting effects of manure and compost on soil pH, heavy metal availability and growth of *Chenopodium album* L. in a soil contaminated by pyritic mine waste[J]. *Chemosphere*, 2004,57: 215-224.
- [3] 招启柏, 朱卫星, 胡钟胜, 等. 改良剂对土壤重金属 (Cd、Pb) 的固定以及对烤烟生长影响 [J]. 中国烟草学报, 2009, 15(4): 26-32.
- [4] 王淼, 赵铭钦, 腊贵晓, 等. 烟草中重金属镉污染及调控措施研究进展 [J]. 中国农业科技导报, 2011, 13(2): 93-98.
- [5] CHAI Tuan yao, CHEN Qiong, ZHANG Yu xiu, et al. Cadmium resistance in transgenic tobacco plants enhanced by expressing bean heavy metal-responsive gene PvSR2[J]. *SCIENCE IN CHINA*, 2003,46(6): 623-630.
- [6] 黄海涛, 施红林, 金永灿, 等. 卷烟纸和接装纸性质对主流烟气中重金属释放量的影响 [J]. 中国烟草学报, 2010,16(4): 1-6.
- [7] 周国俊, 陆明华, 朱书秀, 等. 一种有效截留重金属元素的卷烟滤嘴及其制造方法, 中国. CN101238913. A24D3/14(2006.01)I;A61K31/555(2006.01)I.
- [8] 周雯. 卷烟主流烟气中重金属及其他有毒有害物质的脱除 (D): 中国海洋大学, 2013.
- [9] J·W·小卡拉维, T·J·杰克逊. 使用壳聚糖衍生物对香烟烟雾的选择性过滤, 中国. CN101043826. A24D3/08(2006.01)I;A24A24D,A24D3,A24D3/08.
- [10] Jay A Fournier, Zhaohua Luan. THIOL-FUNCTIONALIZED SORBENT FOR SMOKING ARTICLES AND FILTERS FOR THE REMOVAL OF HEAVY METALS FROM MAINSTREAM SMOKE, United States. US 7,610,920 B2.
- [11] 张艳玲, 周汉平. 烟草重金属研究概述 [J]. 烟草科技, 2004,12:20-23.
- [12] 史宏志, 刘国顺, 常思敏, 等. 烟草重金属研究现状及农业减害对策 [J]. 中国烟草学报, 2011,17(3): 89-94.
- [13] Robert W P. Chelant extraction of heavy metals from contaminated soils[J]. *Journal of Hazardous Materials*, 1999, 66:151-210.
- [14] Sun B, Zhao FJ, Lombi E, et al. Leaching of heavy metals from contaminated soils using EDTA[J]. *Environmental Pollution*,2001,113:111-120.

Reduction of chromium and cadmium deliveries in mainstream cigarette smoke by mesoporous composite EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3

NING Min^{1,2}, TIAN Zhenfeng^{1,2}, XU Yingbo^{1,2}, HU Lizhong^{1,2}, YAO Chengpeng^{1,3},
ZHANG Youjin^{1,3*}, FAN Yun^{1,3}, ZHOU Maozhong^{1,3}, WU Hai^{1,3}

1 Joint Laboratory of Tobacco Chemistry of CTAIC-USTC, Hefei 230026, China;

2 China Tobacco Anhui Industrial Corporation, Hefei 230088, China;

3 Department of Chemistry/Research Center of Tobacco and Health, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China

Abstract: Mesoporous composite EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 was synthesized by impregnation method using γ - Al_2O_3 and EDTA-4Na·4H₂O as raw materials. Structure and properties of the composite were characterized by means of transmission electron microscopy (TEM), powder X-ray diffraction (XRD) and thermogravimetry (TG). Mesoporous composite EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 was added to two element composite filter rod, and its effect on reducing Cr and Cd delivery in cigarette mainstream smoke was examined. Results indicated that the amount of Cr and Cd in cigarette mainstream smoke can be reduced by 33.2% and 31.1% as the mesoporous composite EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 was added to the two element composite filter rod by 16.25mg per filter-tip. The possible mechanism of reducing Cr and Cd delivery in cigarette mainstream smoke was discussed.

Keywords: mesoporous composite; mainstream smoke; Chromium; Cadmium; reducing; mechanism

Citation: NING Min, TIAN Zhenfeng, XU Yingbo, et al. Reduction of chromium and cadmium deliveries in mainstream cigarette smoke by mesoporous composite EDTA-4Na/ γ - Al_2O_3 [J]. *Acta Tabacaria Sinica*, 2015,21(6)