

蒙脱石-烟草混合物热解过程的热红联用

覃宗华, 万 泉, 李姗姗, 傅宇虹, 谷渊涛, 牛延慧, 杨美稚

中国科学院地球化学研究所/矿床地球化学国家重点实验室, 贵阳 550081

吸烟产生的烟气中含有众多危害人类健康的物质, 如尼古丁、多环芳烃等。如何削减香烟燃烧过程中有毒有害物质的产生是公众和健康组织关心的重要问题之一。

除使用过滤嘴通过物理吸附去除一部分有害物质外, 在烟草中加入催化剂, 改变烟草的燃烧过程用以减少有害物质的逸出量, 也是最为常用的方法之一。目前用作烟草燃烧催化剂的主要有氧化铝、氧化硅等, 研究者通过改变合成条件制得具有特殊结构的材料(如: 多孔结构的 MCM-41), 用以增加吸附能力和催化活性。但由于这些合成微粒的吸入生物毒性不明确, 因而实际应用受到限制。

蒙脱石由于具有孔道结构和表面酸性, 具有良好的吸附和催化性能; 同时, 蒙脱石来源广泛、价格低廉、环境友好、对人体无害, 且对湿度不敏感, 有望作为烟草添加剂, 用于减少有毒有害烟气的排放。

本研究采用热分析仪和红外光谱仪联用, 分别在惰性的氩气和氧化性的空气下获取蒙脱石-烟草混合物的热解行为和逸出烟气的红外光谱, 探讨蒙脱石添加量对烟草热解过程中不同温度区间逸出气体的种类和数量(数量按样品中的烟草含量进行归一化), 以及气氛对热解过程的影响。本项研究将为蒙脱石作为烟草添加剂用以削减香烟燃烧烟气中的有毒有害物质提供相关依据。

研究表明:

1) 内蒙赤峰蒙脱石在氩气下的裂解和在空气中的氧化过程均存在 3 个失重区间: 40~160 和 160~300 °C 的失重分别由表面吸附水、层间水的蒸发引起。300~800 °C 的失重是由于羟基的脱失和碳酸盐的分解引起, 这一点与元素分析结果中蒙脱石含有少量的碳和逸出气体红外光谱中较为显著的 CO₂ 吸收峰一致。

2) 云南蒙自烟草在氩气下的裂解有 6 个失重台阶: 40~150 °C 为水分的蒸发; 150~210 °C 主要是小分子醇类(如甘油)的蒸发; 210~400 °C 存在两个部分重叠的失重过程, 归属于半纤维素和纤维素的裂解; 400~600 °C 的失重是由于木质素的裂解; 600 °C 以上主要是焦炭质的脱氢与芳构化以及少量无机物的热裂解。而该烟草在空气下的氧化过程只有 5 个可分辨的失重区间。前两个失重区间与惰性气体下的裂解过程相同。210~400 °C 的氧化过程只有一个明显的失重, 主要是因为半纤维素和纤维素的氧化过程差别较小, 重叠程度较高。400~650 °C 主要是由于木质素的氧化过程, DTG 曲线出现一个近乎跨越整个温度区间的平顶峰。该烟草样品裂解和氧化过程的主要区别也在于木质素在这一温度区间裂解和氧化行为的不同。最后一个失重区间位于 650 °C 以上, 主要是焦炭质的氧化。

3) 与纯烟草相比, 加入蒙脱石可大量削减烟草裂解气体产物的总量, 特别是蒙脱石含量为 5 % 时, 减少量最大。而对于氧化过程, 加入蒙脱石会使得 350 °C 以下气体产物总量减少。加入量为 10 % 时, 逸出气体量最少。但蒙脱石的加入会增加 350 °C 以上的逸出气体总量, 加入量为 15 % 时气体增加量最大。同时, 两种气氛下, 蒙脱石的加入使得烷烃和 CO 等气体产物的最大产生温度向高温方向移动。

4) 随着蒙脱石含量的增加, 蒙脱石-烟草混合物的裂解总失重量和 150 °C 以上各温度区间的失重量均有所减小。各混合样品的失重区间与原始烟草的差别较小; 但蒙脱石的加入显著改变烟草的氧化行为, 使 400 °C 以上的氧化反应向低温方向移动, 说明蒙脱石对蒙脱石-烟草的氧化过程具有一定的催化能力。

5) 无论是在氩气下的裂解还是在空气下的氧化过程中, 监测的各种气体逸出量大多随着蒙脱石添加量的增加而降低, 其中以烷烃、CO₂、羰基化合物与醇、酚、醚类最为明显。

作者简介: 覃宗华, 男, 博士, 从事矿物结构和矿物表面作用研究, E-mail: qinzonghua@vip.gyig.ac.cn

通信作者: 万泉, E-mail: wanquan@vip.gyig.ac.cn。