

# 纳米材料在卷烟减害中的应用研究

王佳璐, 林翔 (广东中烟工业有限责任公司, 广东广州 510000)

**摘要** 按照纳米材料在卷烟中的不同添加方式, 即添加至滤棒、烟丝和其他卷烟材料中, 综述了近年来纳米材料在卷烟减害方面的应用, 可知今后纳米材料在卷烟中的应用前景十分广阔。

**关键词** 纳米材料; 卷烟; 减害

**中图分类号** S572 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)03-00888-02

## Application of Nano Material in Harm Reduction of Flue-cured Tobacco

WANG Jia-jun et al (China Tobacco Guangdong Industrial, Co. Ltd., Guangzhou, Guangdong 510000)

**Abstract** Application of Nano material in harm reduction of flue-cured tobacco was reviewed in terms of various addition ways, namely adding to the filter, cut tobacco and other cigarette materials, indicating that the application prospect of Nano material in flue-cured tobacco is bright.

**Key words** Nano material; Flue-cured tobacco; Harm reduction

纳米材料被誉为“21世纪最有前途的材料”, 近年来逐步成为国内外研究的热点。广义上讲, 纳米材料是指三维空间尺寸中至少有一维处于纳米量级的材料<sup>[1]</sup>, 因为其优异的吸附、催化等性能, 在各行业中均有广泛的应用。在烟草工业的发展过程中, 卷烟对人类健康的危害越来越被人们所重视, 烟草减害成为了当今社会热议的话题之一。将纳米材料应用在卷烟工业中, 将其添加至烟丝、滤嘴或其他卷烟原料, 可以通过吸附或催化作用有效降低一种或多种卷烟烟气中的有害成分。

### 1 滤棒添加纳米材料

纳米材料颗粒表面活性位点多、化学反应接触面大, 尤其是多孔纳米材料, 对卷烟主流烟气有害成分的选择性较高<sup>[2]</sup>。近年来, 大多数报道集中在将纳米材料添加至卷烟滤棒中, 具体的添加方式主要有2种, 一种是以“三明治”的方式夹入滤棒中, 另一种是以颗粒形式与滤棒复合, 主要原理是利用纳米材料的吸附作用对烟气进行进一步的过滤, 具有较高的选择性。

周宛虹等制备了一种胺基功能化的介孔二氧化硅材料(MCM-41-NH<sub>2</sub>), 并将其添加到滤棒中, 发现该材料基本不改变烟气常规成分的释放量, 而且对主流烟气中HCN的选择性降低率达到25.7%, 具有很好的应用价值<sup>[3]</sup>。孙玉峰等通过模板法, 同步晶化制备了微孔-介孔复合材料(MMM)<sup>[4]</sup>。因其特殊的微孔-介孔结构, 实现具备大分子物质吸附脱除功能的同时, 对小分子的吸附性能也有所提高, 将其作为卷烟滤嘴添加剂制成的实验样烟, 主流烟气中的多种有害成分释放量均得到不同程度的降低, 效果明显, 应用广泛。杨松等制备了互通多孔结构的聚甲基丙烯酸缩水甘油酯互通多孔材料(PolyGMA), 分别以二元滤棒复合以及卷烟纸涂布的形式添加到卷烟样品中, 发现二元复合滤棒的应用效果较好, 对苯酚表现出了较高的选择性, 降低率为23.0%, 而卷烟感官质量无明显差异<sup>[5]</sup>。

经过了金属或无机盐修饰的纳米材料, 在降低卷烟有害成分方面的性能, 往往优于普通纳米材料。舒丽君等改进了传统的合成六方介孔材料的工艺, 合成了具有双纳米效应的掺钨介孔纳米球, 并添加至卷烟过滤嘴中, 使烟样中8种低分子醛酮的含量明显降低, 尤其对甲醛的吸附体现出了很好的选择性<sup>[6]</sup>。刘楠等以烟草花叶病毒(TMV)为模板, 并将SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, SCN<sup>-</sup>引入体系中, 实现了纳米金在TMV模板上的高密度生长, 制备得到一维TMV-纳米金复合材料<sup>[7]</sup>。结果表明, TMV模板可对纳米金进行有效的粒径控制和高效负载, 当该复合材料在卷烟滤嘴中的添加量为0.7 ml/支时, 卷烟对CO选择性降低率达到16.33%。Dai Yi-min等则合成了一种表面由氧化亚铜修饰的活性碳纳米复合材料, 并将其加入到卷烟滤嘴中, 该复合材料能够有效降低卷烟主流烟气当中的HCN<sup>[8]</sup>。

此外, 纳米管材料添加的滤棒在卷烟减害方面的应用也十分广泛。邓其馨等通过水热反应法, 以廉价的二氧化钛为原料, 制备了钛酸盐纳米管, 结果表明, 通过物理吸附和化学吸附的共同作用, 使主流烟气中的氨、氢氰酸、苯酚和巴豆醛等有害成分的释放量分别降低了67.53%、23.52%、60.81%和27.56%<sup>[9]</sup>。杨宇铭等分别将酸化的和未酸化的碳纳米管复合在滤棒中, 发现酸化的碳纳米管对卷烟主流烟气中酚类化合物的吸附效果优于未酸化的碳纳米管, 对一氧化碳、焦油、烟碱影响不明显, 并且能降低烟气的刺激性, 增加柔和度, 对卷烟抽吸品质有所改善<sup>[10]</sup>。

### 2 烟丝或烟草薄片中添加纳米材料

烟丝作为卷烟的核心组成部分, 直接参与燃烧, 纳米材料除了具有吸附作用外, 还具有很好的催化能力, 将其添加至烟丝中, 参与燃烧反应, 能够使燃烧反应完全, 从而去除丙酮、乙醛、甲苯等多种成分<sup>[11]</sup>。朱智志等分别采用干法和湿法, 将纳米材料Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和TiO<sub>2</sub>加入烟丝, 发现干法加入能够更好地降低烟气中的焦油和CO含量, 2种纳米材料相比较, 纳米材料Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的作用效果更为显著, 且对卷烟感官质量无不良影响<sup>[12]</sup>。冯守爱等用三甲基氯硅烷将亲水性纳米SiO<sub>2</sub>

进行了疏水改性,并将改性前后的 SiO<sub>2</sub> 分别加入烟丝和滤棒的增塑剂中,发现疏水改性纳米 SiO<sub>2</sub> 有效降低了烟气中的巴豆醛、苯酚的含量,而亲水性纳米 SiO<sub>2</sub> 不但没有使有害物质的含量降低,反而有不同程度的上升<sup>[13]</sup>。同时,与加入滤棒的增塑剂相比,加入烟丝中的疏水纳米 SiO<sub>2</sub> 粒子具有更好地降低卷烟烟气中的巴豆醛和苯酚的效果。谢兰英等将钛纳米金属络合物均匀添加到烟丝中,利用卷烟燃烧时燃烧区和裂解区的高温,活化催化燃烧反应,并考察了不同催化材料添加浓度对降低 CO 释放量的影响<sup>[14]</sup>。结果表明,添加浓度为 2% 时,可以降低 CO 排放量 21.54%,酚类物质排放量 37.69%。

造纸法烟草薄片由于具有焦油含量低、有害成分释放量小等特点,在卷烟中的使用量愈来愈多。将纳米材料添加至烟草薄片,可以进一步降低有害物质的排放。姚元军等将 4 种纳米减害材料:纳米催化剂、助燃剂、氧化剂、吸附剂,与浓缩液混合后均匀涂布到基片两面,经烘干、回潮、切丝后制得薄片样品<sup>[15]</sup>。经检测,主流烟气中的巴豆醛、NNK、苯并[a]芘均有大幅度地降低,其中纳米 TiO<sub>2</sub>-VK-TG01 对有害物质的降低率均超过 30%。谢国勇等采用柠檬酸络合溶胶-凝胶法制备了纳米级 La<sub>1-x</sub>In<sub>x</sub>Fe<sub>1-y</sub>M<sub>y</sub>O<sub>3</sub> 钙钛矿型复合氧化物烟用催化剂,并添加于烟草薄片,在卷烟机上卷制成试制烟后,测定其主流烟气中的 CO 和 NO<sub>x</sub> 含量,结果表明,该材料可有效降低卷烟烟气中 CO 和 NO<sub>x</sub> 的质量,并且相对于焦油、烟碱等粒相物的降低具有很高的选择性<sup>[16]</sup>。

### 3 其他

除了滤棒和烟丝,卷烟纸等烟用材料中也广泛使用到了纳米材料。纳米碳酸钙在有效降低卷烟纸成本的同时,能够增加卷烟纸不透明度,实现包灰好、白度高,保证了烟支的美观;更重要的是,还能增加纸张的透气度,从而降低焦油的排放量<sup>[17-18]</sup>。另外,烟草对人体的危害除了它燃烧产生的有害成分外,烟草作为一种农作物,也存在农药残留的问题。张建平等将具有光催化性能的纳米 ZnO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> 材料直接喷洒在烟叶表面,发现该材料对烟草中农药残留及烟草特有亚硝胺的前体物亚硝酸盐均有明显的光催化降解效果,且降解率随处理时间的延长而升高<sup>[19]</sup>。

## 4 结语

总之,近年来,纳米材料在卷烟减害中的应用越来越多,且大部分纳米材料成本低廉,应用效果却十分理想,从而实现了在不显著增加卷烟成本的情况下有效降低卷烟主流烟气中的有害成分,应用前景十分广阔。

## 参考文献

- [1] 朱世,周根树,蔡锐,等. 纳米材料国内外研究进展 I[J]. 热处理技术与装备,2010,31(3):1-5,26.
- [2] XU Y,ZHU J H,MA L L,et al. Removing nitrosamines from mainstream smoke of cigarettes by zeolites[J]. Microporous and Mesoporous Materials,2003,60:125-138.
- [3] 周宛虹,孙文梁,王律,等. 胺基修饰的介孔二氧化硅选择性降低卷烟烟气中的氢氰酸[J]. 烟草科技,2013(4):42-45.
- [4] 孙玉峰,马扩彦,戴亚. 采用微孔-介孔复合材料降低卷烟烟气中的有害成分[J]. 化工学报,2011,62(2):574-579.
- [5] 杨松,聂晓,孙学辉,等. 聚甲基丙烯酸缩水甘油酯互通多孔材料选择性降低低卷烟烟气中的苯酚[J]. 烟草科技,2012(8):44-48.
- [6] 舒丽君,魏坤,郭武生. 掺硼介孔纳米球降低烟气中低分子醛酮类物质的研究[J]. 硅酸盐通报,2011,30(5):1023-1027.
- [7] 刘楠,唐绎岭,陈再根,等. 基于烟草花叶病毒模板高密度纳米金的制备及其对卷烟烟气 CO 的影响[J]. 烟草科技,2012(8):66-69.
- [8] DA Y M,TAN R B,SHI W M,et al. A study on the reduction of HCN in cigarette smoke by loading cuprous oxide on the surface of activated carbon[J]. Advanced Materials Research,2011,239:306-309.
- [9] 邓其馨,黄朝章,张建平等. 钛酸盐纳米管降低卷烟烟气有害成分[J]. 烟草科技,2013(8):37-39,57.
- [10] 杨宇铭,黄杰娟,张金玉,等. 碳纳米管吸附卷烟烟气中主要酚类化合物的应用研究[J]. 环境科技,2012,41(4):59-61,118.
- [11] GATTO S,PIROLA C,CROCELLÀ V,et al. Photocatalytic degradation of acetone,acetaldehyde and toluene in gas-phase:comparison between nano and micro-sized TiO<sub>2</sub>[J]. Applied Catalysis B:Environmental,2014,146:123-130.
- [12] 朱智志,张健,纪朋,等. 纳米材料在卷烟降焦减害中应用的研究[J]. 农产品加工,2010,2(2):79-81.
- [13] 冯守爱,黄泰松,邹克兴,等. 疏水纳米 SiO<sub>2</sub> 选择性降低卷烟烟气有害成分含量[J]. 烟草科技,2011(10):49-53.
- [14] 谢兰英,刘琪,谭海风. 纳米金属络合物催化降低卷烟烟气 CO 实验研究[J]. 工业催化,2009(17):176-179.
- [15] 姚元军,何文,王凤兰,等. 不同减害材料对烟草薄片的减害效果研究[J]. 氨基酸和生物资源,2013,34(1):45-47.
- [16] 谢国勇,银董红,刘建福,等. 选择性降低卷烟烟气中 CO 和 NO<sub>x</sub> 的钙钛矿型催化剂研究[J]. 湖南师范大学自然科学学报,2012,35(6):55-61.
- [17] 曹晓瑶,陈焕明. 纳米技术在造纸工业的应用[J]. 科技创新导报,2011(21):60,62.
- [18] 张博,吴桐,赵富华,等. 纳米碳酸钙的制备及在造纸中的应用[J]. 天津造纸,2010(3):19-21,24.
- [19] 张建平等. 徐小青,黄朝章,等. ZnO/TiO<sub>2</sub> 光催化降解烟草中的农药残留及有害成分[J]. 功能材料,2012,43(16):2146-2149.

(上接第 863 页)

- [4] 马雁军,刘宁微,王扬锋,等. 辽宁中部城市群大气环境研究进展[J]. 气象科技进展,2012,2(2):19-24.
- [5] 马雁军,崔劲松,刘晓梅,等. 1987~2002 年辽宁中部城市群大气污染变化特征分析[J]. 高原气象,2005,24(3):428-435.
- [6] 马雁军,王扬锋,刘宁微. 辽宁中部城市群主要大气污染物时空分布特征的数值模拟[J]. 气象与环境学报,2006,22(2):6-10.
- [7] 刘晓莉,宋宪强,孟紫强. 大气污染对人体心肺功能的影响[J]. 卫生研究,2008,37(4):429-432.
- [8] 肖纯凌,韩秀珍,魏德洲,等. 大气污染对人体免疫功能及微生态的影响[J]. 中国微生态学杂志,2002,14(1):612-613.
- [9] 杨小南,李宇斌. 辽宁省大气污染对人体健康的危害及研究展望[J]. 气象与环境学报,2007,23(1):60-63.
- [10] 邹旭东,田晓波,杨洪斌,等. 2007 年冬季沈阳典型大气污染源 PM<sub>10</sub> 排放模拟[J]. 气象与环境学报,2011,27(6):28-34.
- [11] 邹旭东,杨洪斌,张云海,等. 冬季沈阳市典型源排放 PM<sub>10</sub> 浓度分布模拟分析[J]. 环境工程学报,2010(4):881-886.
- [12] 霍静,李彭辉,韩斌,等. 天津秋冬季 PM<sub>2.5</sub> 组分化学特征与来源分析[J]. 中国环境科学,2011,31(12):1937-1942.
- [13] 刘洁,张小玲,徐晓峰. 北京地区 SO<sub>2</sub>,NO<sub>x</sub>,O<sub>3</sub> 和 PM<sub>2.5</sub> 变化特征的城郊对比分析[J]. 环境科学,2008,29(4):1059-1065.
- [14] 张敏,朱彬,王东东,等. 南京北郊冬季大气 SO<sub>2</sub>,NO<sub>2</sub> 和 O<sub>3</sub> 的变化特征[J]. 大气科学学报,2009,32(5):695-702.
- [15] YANG S,YUESI W,CHANGCHUN Z. Measurement of the vertical profile of atmospheric SO<sub>2</sub> during the heating period in Beijing on days of high air pollution[J]. Atmospheric Environment,2009,43(2):468-472.
- [16] 周瑞,辛金元,邢立亭,等. 唐山工业新区冬季采暖期大气污染变化特征研究[J]. 环境科学,2011,32(7):1874-1880.
- [17] KATZMAN T L,RUTTER A P,S CHAUER J J,et al. PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10-2.5</sub> compositions during wintertime episodes of elevated pm concentrations across the midwestern USA[J]. Aerosol Air Qual. Res,2010,10:140-153.
- [18] ROBINSON E,ROBBINS R C. Gaseous nitrogen compound pollutants from urban and natural sources[J]. Journal of the Air Pollution Control Association,1970,20(5):303-306.