

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

A24D 3/00

A24D 3/12

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00130133.0

[43] 公开日 2002 年 5 月 15 日

[11] 公开号 CN 1348725.1

[22] 申请日 2000.10.16 [21] 申请号 00130133.0

[71] 申请人 北京倍和德营养制品科技发展有限公司

地址 100016 北京市朝阳区麦子店西街 3 号新恒基国际大厦 816

共同申请人 中国科学院生物物理研究所
英国贺发研究有限公司(Horphag
Research Limited)

[72] 发明人 赵保路 彼得·罗德沃尔德
李京农

权利要求书 1 页 说明书 11 页 附图页数 0 页

[54] 发明名称 一种有效清除卷烟烟气中自由基的卷烟滤嘴及其制备方法

[57] 摘要

本发明提供了一种能有效清除自由基降低烟气毒性的卷烟滤嘴,该滤嘴丝束中含有前花青素,该物质在低浓度状态下对卷烟烟气中气相自由基的清除效果非常突出。同时当前花青素与维生素 C(Vc)混合使用时,对气相自由基也具有比较好的清除作用。本发明还提供了制造所述卷烟滤嘴的方法。本发明的卷烟滤嘴不改变原有香烟味道,可以明显降低吸烟产生的自由基和毒性,另外,由于本发明可以将清除剂直接加入滤嘴丝束中,不需要采用复合方式制造滤嘴,因此,不用大规模的设备投资和改造即可批量生产。

权 利 要 求 书

- 1、一种能有效清除自由基的卷烟滤嘴，其特征在于，该滤嘴中含有前花青素；
- 2、权利要求 1 的卷烟滤嘴，其特征在于，该滤嘴中还含有维生素 C (Vc)；
- 3、按照权利要求 1 或 2 所述的卷烟滤嘴，其特征在于，卷烟滤嘴中前花青素的含量为该卷烟烟丝重量的 0.0001%-0.001% (重量)。
- 4、按照权利要求 3 所述的卷烟滤嘴，其特征在于，卷烟滤嘴中前花青素的含量为该卷烟烟丝重量的 0.0005% (重量)。
- 5、按照权利要求 2 所述的卷烟滤嘴，其特征在于，卷烟滤嘴中前花青素和维生素 C (Vc) 的比例为 0.5-1.5: 1.5-2.5。
- 6、按照权利要求 5 所述的卷烟滤嘴，其特征在于，卷烟滤嘴中前花青素和维生素 C (Vc) 的比例是 1: 2。
- 7、按照权利要求 2 所述的卷烟滤嘴，其特征在于，卷烟滤嘴中前花青素和维生素 C (Vc) 的含量分别为该卷烟烟丝重量的 0.00015%和 0.0003%。
- 8、一种制造卷烟滤嘴的方法，它包括：首先将前花青素或前花青素和维生素 C (Vc) 的混合物溶解在 95%的乙醇中制成一种溶液。在过滤嘴丝束的成型过程中把该溶液均匀喷入滤嘴纤维丝中，然后烘干，在滤嘴成型机上制成滤嘴。
- 9、按照权利要求 8 的方法，其特征在于控制所述乙醇溶液中的前花青素含量，使所述滤嘴中的前花青素的含量为单支卷烟烟丝重量的 0.0001%-0.001%(重量)；
- 10、权利要求 9 的制备卷烟滤嘴的方法，其特征在于控制所述乙醇溶液中的前花青素的含量，以使所述滤嘴中的前花青素的含量为单支卷烟烟丝重量的 0.0005%；
- 11、权利要求 8 的制造卷烟滤嘴的方法，其特征在于控制所述乙醇溶液中的前花青素和维生素 C (Vc) 的浓度，以使所述滤嘴中的前花青素与维生素 C (Vc) 含量之比在 0.5—1.5:1.5—2.5 的范围内；
- 12、权利要求 11 的制造卷烟滤嘴的方法，其特征在于控制所述乙醇溶液中的前花青素和维生素 C (Vc) 的浓度，以使所述滤嘴中的前花青素和维生素 C (Vc) 含量的比例为 1: 2；
- 13、权利要求 8 的制造卷烟滤嘴的方法，其特征在于控制所述乙醇溶液中的前花青素和维生素 C (Vc) 的含量，以使该滤嘴中的前花青素和维生素 C (Vc) 的含量分别为单支卷烟烟丝重量的 0.00015%和 0.0003%。

说明书

一种有效清除卷烟烟气中自由基的卷烟滤嘴及其制备方法

本发明涉及一种能有效清除卷烟烟气中气相自由基的卷烟滤嘴及其制备方法。

人们已经了解香烟燃烧时会产生大量的气相和固相自由基，这类物质被吸入人体后，攻击细胞产生毒性并引发病变，其中气相自由基又是最有害的物质。

流行病学调查表明，吸烟不仅可以引起支气管炎和肺损伤，而且可以导致癌症和死亡率最高的心脑血管疾病。现在全世界都掀起了抵制烟草的运动，在公共场所不准吸烟的标志到处可见。过去人们一直认为吸烟时产生的毒性来自于尼古丁，但事实上它并不是唯一的毒性物质。卷烟燃烧是一个复杂的燃烧过程，燃烧时产生的烟气和焦油中存在大量的自由基，这些自由基可以直接和间接攻击细胞成分，被认为是引起各种疾病的重要原因。所述焦油是颗粒直径大于 $0.1\mu\text{m}$ 的物质，其中包括几种特别稳定的自由基，这可以用电子自旋共振波谱仪 (ESR) 直接观察到。通过 ESR 波谱分析，发现它们主要是醌/半醌自由基 (Q./QH)、多环芳烃自由基、碳和磷自由基。滤嘴可以过滤掉大部分的焦油。目前烟草行业已经成功的解决了降低焦油的问题，焦油含量的减少也就意味着焦油中固相自由基含量的减少。

卷烟燃烧产生的烟气气相中的自由基多是瞬时不稳定自由基，不能用 ESR 波谱仪直接观察，需要用自旋捕集技术捕捉不稳定自由基并将其转化成一种能用 ESR 波谱仪检测的自旋加合物。本发明人用自旋捕集剂 PBN 捕捉到了该烟气气相中的自由基，其中主要是烷氧基 (RO) 和烷类 (R.) 自由基。含氮物质在卷烟燃烧时氧化生成大量 NO，自由基 NO 具有很多重要的生物功能，它是内皮细胞松弛因子 (EDRF)，参与神经传导、免疫预防和细胞毒害作用，遇氧气生成反应性更强的 NO_2 自由基，它可以和卷烟燃烧时生成的烯类物质反应生成烷类自由基 R.，R. 可以和 O_2 反应生成烷过氧自由基 ROO. ， ROO. 又可以和 NO 反应生成烷氧自由基 RO.。正是这些自由基攻击细胞膜，引起脂质过氧化，进一步刺激巨嗜细胞释放氧自由基。这些自由基可以单独引起细胞成分损伤，也可以和吸烟产生的自由基共同对细胞产生毒害，引起肺癌和心脏病的发生。这些自由基还可以进攻肺 α -1 抗蛋白酶并使其失活而不能抑制弹性蛋白酶，导致肺损伤。卷烟烟气气相中自由基的危害非常大而一般过滤嘴又不能有效清除它，所以如何能有效清除烟气气相中的自由基一直是困扰烟草行业的一大难题，这也

就是本发明着力要解决的问题。

中国科学院生物物理研究所和北京卷烟厂共同申请的专利（申请号 95116865.7，1995 年申请，1997 年公开）用茶多酚、维生素 C 和活性炭组成复合滤嘴，可以清除卷烟烟气中 14%左右的气相自由基；若再于烟丝中加入罗布麻可以清除烟气中 12%左右的气相自由基。希腊黄金烟嘴公司和烟嘴研究开发公司于 1999 年发明了由血红蛋白和活性炭组成的生物复合滤嘴(Biological Filter)，据称该滤嘴可以清除吸烟烟气中 90%左右的气相自由基。但是这两项技术都没有被广大烟草企业应用和推广。主要是因为存在两个问题：一、同普通滤嘴相比，这两种滤嘴中添加物的剂量都比较大，这就使得烟气在经过这种滤嘴后原有香烟烟气的味道被改变，这样就会破坏消费者的吸服感受，所以就不被广大消费者所认可和接受；二、由于这两种滤嘴都是复合滤嘴，制造这类滤嘴需要巨大的设备改造投资，这是一般烟草企业难以接受的。从我国现有烟草产业状况看，以上的技术只适用于在小批量、新品种和本身焦油含量就很低的产品上使用。对于整个烟草行业规模改造的需要和品牌发展的要求，则上述现有技术无法满足，本发明就是为了解决整个烟草行业规模改造的需要和品牌发展的要求而设计的。

以前发明的低自由基低毒香烟主要是通过通过在过滤嘴中加入抗氧化剂制成复合烟嘴，但由于加入抗氧化剂的抗氧化性不强或加入量过大，使得在清除烟气自由基和有害物质的同时也改变了香烟的原有味道。根据调查，大部分消费者宁愿吸毒性大、自由基含量高的香烟，而不愿意吸改变了味道的低毒低自由基香烟。因此，烟厂不敢盲目生产应用这类技术的香烟，这也是以前低毒低自由基香烟不能推广和发挥其降低香烟对烟民毒害的主要原因。

本发明的一个目的是提供一种能有效清除卷烟烟气中气相自由基的卷烟过滤嘴。

另一个目的是提供一种制备有效清除上述自由基的卷烟过滤嘴的方法。

本发明通过提供以下的滤嘴及其制备方法而完成了发明目的：

一种能有效清除自由基的卷烟滤嘴，其特征在于，该滤嘴丝束中含有前花青素。

一种能有效清除自由基的卷烟滤嘴，其特征在于，该滤嘴丝束中含有前花青素和维生素 C；

一种能有效清除自由基的卷烟滤嘴，其特征在于，卷烟滤嘴中前花青素的含量为该卷烟烟丝重量的 0.0001%-0.001%（重量）。

一种能有效清除自由基的卷烟滤嘴，其特征在于，卷烟滤嘴中前花青素的含量为该卷烟烟丝重量的 0.0005%（重量）。

一种能有效清除自由基的卷烟滤嘴，其特征在于，卷烟滤嘴中前花青素

和维生素 C (Vc) 的比例为 0.5-1.5: 1.5-2.5。

一种能有效清除自由基的卷烟滤嘴，其特征在于，卷烟滤嘴中前花青素和维生素 C (Vc) 的比例是 1: 2。

一种能有效清除自由基的卷烟滤嘴，其特征在于，卷烟滤嘴中前花青素和维生素 C (Vc) 的含量分别为该卷烟烟丝重量的 0.00015%和 0.0003%。

一种制造上述卷烟滤嘴的方法，它包括：首先将前花青素或前花青素和维生素 C (Vc) 的混合物溶解在 95%的乙醇中制成一种溶液。在过滤嘴丝束的成型过程中把该溶液均匀喷入滤嘴纤维丝中，然后烘干，在滤嘴成型机上制成滤嘴。

一种制造上述卷烟滤嘴的方法，其特征在于控制所述乙醇溶液中的前花青素含量,使所述滤嘴中的前花青素的含量为该卷烟烟丝重量的 0.0001%-0.001%(重量)；

一种制造上述卷烟滤嘴的方法，其特征在于控制所述乙醇溶液中的前花青素的含量，以使所述滤嘴中的前花青素的含量为该卷烟烟丝重量的 0.0005%；

一种制造上述卷烟滤嘴的方法，其特征在于控制所述乙醇溶液中的前花青素和维生素 C (Vc) 的含量，以使所述滤嘴中的前花青素与维生素 C (Vc) 之比在 0.5—1.5:1.5—2.5 的范围内；

一种制造上述卷烟滤嘴的方法，其特征在于控制所述乙醇溶液中的前花青素和维生素 C (Vc) 的浓度，以使所述滤嘴中的前花青素和维生素 C (Vc) 的比例为 1: 2；

一种制造上述卷烟滤嘴的方法，其特征在于控制所述乙醇溶液中的前花青素和维生素 C (Vc) 的含量，以使该滤嘴中的前花青素和维生素 C (Vc) 的含量分别为该卷烟烟丝重量的 0.00015%和 0.0003%；

本发明通过在滤嘴中加入前花青素或前花青素和维生素 C (Vc) 的混合物，不改变原有香烟味道，在加入量很低的情况下，就可以明显降低吸烟产生的自由基和毒性。另外，现有技术主要是通过采用复合滤嘴来实现对自由基的清除，这给烟厂带来巨大的改造设备的经济负担，这是以前低毒低自由基香烟不能推广和发挥其降低香烟对消费者毒害的另一个重要原因。本发明不需作任何大的设备改造和投资，在滤嘴中直接加入上述的自由基清除剂就可以制成清除自由基的滤嘴。

本发明的滤嘴所用的自由基清除剂是前花青素或前花青素和维生素 C (Vc) 的混合物。

前花青素是一种高效自由基清除剂，它主要存在于涩味的水果、富含多酚的植物的种子或树皮里。例如，可可、高粱和许多浆果里都含有前花青素。通常采用的提取方法是用水、乙醇或丙醇与水的混合物作为溶剂进行提取，采用

溶剂蒸发冷冻干燥法或喷雾干燥法加以浓缩。

本发明中所用的前花青素优选英国 Horphag Research Limited 公司的碧萝芷(Pycnogenol®), 它来自法国沿海松树树皮提取物, 该提取物中含有 70%±5% 的前花青素, 以及其他具有清除自由基活性的物质, 例如儿茶素、黄杉素、酚酸等。这种提取物中前花青素的链长为 2 到 12 单体, 单体单元由儿茶素和表儿茶素构成。

其他一些主要的含有前花青素的提取物, 如辐射松 (pinus radiata) 树皮提取物、柏树球果 (cones of cypresses) 提取物或葡萄籽提取物等也具有清除自由基的作用, 也可以被用作自由基清除剂。

自由基清除效果是按以下方法测定的:

将自由基清除剂溶液全部均匀地喷洒到滤嘴的纤维丝束中, 经烘干后与烟丝卷接制成卷烟。以带有未加自由基清除剂溶液的滤嘴的同种烟丝卷接的卷烟作参照系。用 PBN 或 DMPO 作捕集剂收集气象自由基, 用 ESR 法检测, 分别以带有加了清除剂的滤嘴的卷烟和参照系卷烟所产生烟气中的自由基的 ESR 波谱强作为自由基含量的相对值, 在相同条件下, 这两种卷烟的波谱的线性和线宽是相同的。自由基清除率按以下公式计算:

$$E = (H_0 - H_X) / H_0 \times 100\%$$

其中 H_0 为参照系峰强, H_X 为加清除剂的样品的峰强。

根据实验, 在滤嘴中加入上述自由基清除剂的含量以占该卷烟烟丝重量的 0.0001%-0.001%为宜, 在这个区间内, 均有比较好的清除效果。其中前花青素和维生素 C (Vc) 的比例为 0.5-1.5: 1.5-2.5, 优选 1: 2。

本发明的滤嘴清除气相自由基的清除率为 18%-30%。实验证明在滤嘴中单独加入前花青素, 含量为 0.0005%时, 该滤嘴对卷烟烟气中气相自由基的清除效果达到最佳, 清除率为 29.1%, 选用 0.00015%含量的前花青素和 0.0003%含量的维生素 C (Vc) 混合添加到滤嘴中, 亦能获得比较好的自由基清除效果。

下面通过实施例进一步说明本发明, 以下实施例旨在说明本专利, 而不构成对本发明的限制。

实施例 1

将配比为 1: 2 的前花青素和维生素 C (Vc) (100%) 溶于 95%的乙醇中, 制成一种溶液。将此溶液均匀喷入滤嘴丝束中。丝束烘干后被制成滤嘴, 将该滤嘴与无滤嘴的红山茶香烟连接而制成低自由基卷烟。该卷烟的滤嘴中所含的前花青素与维生素 C (Vc) 的含量分别为 0.00015%和 0.0003%(以该单支卷烟的烟丝重量为基准计)。

用普通红山茶牌香烟作对照物香烟, 利用自旋捕集电子自旋共振技术检测

了上述低自由基卷烟和对照物卷烟烟气中的气相自由基。检测条件是用吸烟机模仿人吸烟，烟气流量 400ml/分钟，每 2 秒吸一次，间隔 1 分钟。用两层 Cambridge 滤纸收集焦油，然后将吸烟所产生的烟气导入 2ml (0.1mol/L) PBN(N-tertbutyl-2-phenyl nitron) (N-四丁基-2-氮羰基苯) 自旋捕集苯溶液中，捕集其中的自由基。然后将溶液吸入石英毛细管，在 ESR 波谱仪上测试自由基的信号。用信号强度代表自由基的相对浓度。ESR 测试条件：X 波段，微波功率 20 mW，调制频率 100 KHZ，调制幅度 1G。

根据上述自由基清除率计算公式计算，气相自由基的清除率为 24.3%。

实施例 2

按照与实施例 1 相同的方法，对带有含 0.00015%（以单支卷烟烟丝重量为基准计）前花青素的滤嘴的卷烟及对照组卷烟进行检测，根据上述自由基清除率计算公式计算，气相自由基的清除率为 22.6%。具体结果见表 2。

实施例 3

按照与实施例 1 相同的方法，对带有含 0.0003%（以单支卷烟烟丝重量为基准计）前花青素的滤嘴的卷烟及对照组卷烟进行检测，根据上述自由基清除率计算公式计算，气相自由基的清除率为 27.6%。具体结果见表 3。

实施例 4

按照与实施例 1 相同的方法，对带有含 0.0005%（以单支卷烟烟丝重量为基准计）前花青素的滤嘴的卷烟及对照组卷烟进行检测，根据上述自由基清除率计算公式计算，气相自由基的清除率为 29.1%。具体见表 4。实验证明，当滤嘴中前花青素含量为 0.0005%时，取得了最佳的清除气象自由基的效果。

实施例 5

按照与实施例 1 相同的方法，对带有含 0.001%（以单支卷烟烟丝重量为基准计）前花青素的滤嘴的卷烟及对照组卷烟进行检测，根据上述自由基清除率计算公式计算，气相自由基的清除率为 20%。具体结果见表 5。

从上述实施例可知，当卷烟滤嘴中前花青素的含量在 0.00015%-0.001%（以单支卷烟烟丝重量为基准计）时可取得良好的清除烟气中气象自由基的效果，当所述前花青素含量相同时，在滤嘴中添加维生素 C (Vc) 可进一步提高清除所述自由基的效果。

实施例 1.

当滤嘴中含 0.00015%前花青素及 0.0003%V_c 时
对清除烟气中气象自由基的效果

| 对照组的 HO | | | | 实施例 1 的 HX | | | |
|---------|------|------|------|------------|------|------|--------|
| 6.7 | 18.5 | 7.6 | 11.5 | 4.3 | 11.4 | 6.2 | 5.8 |
| 5.6 | 21.5 | 7.8 | 7.7 | 5.6 | 10.7 | 5.8 | 9.5 |
| 5.7 | 14.2 | 5.5 | 10.4 | 5.7 | 5.2 | 4.4 | 5.9 |
| 6.9 | 21.5 | 6.0 | 7.2 | 5.2 | 5.5 | 5.6 | 5.6 |
| 7.0 | 6.5 | 7.4 | 7.2 | 5.9 | 4.4 | 10.5 | 6.5 |
| 7.8 | 6.4 | 8.2 | 5.5 | 7.0 | 1.5 | 6.3 | 10.4 |
| 7.4 | 6.0 | 8.0 | 10.3 | 6.2 | 6.7 | 5.6 | 7.1 |
| 10.0 | 6.0 | 9.0 | 11.0 | 9.0 | 6.0 | 5.5 | 10.7 |
| 8.5 | 6.7 | 6.2 | 12.5 | 6.7 | 6.0 | 5.5 | 7.3 |
| 5.7 | 6.0 | 6.2 | 9.5 | 5.0 | 6.7 | 5.7 | 9.8 |
| 6.7 | 7.4 | 6.0 | 12.6 | 6.3 | 5.6 | 9.0 | 7.0 |
| 6.8 | 7.8 | 9.2 | 9.4 | 5.2 | 7.0 | 10.0 | 8.0 |
| 7.4 | 8.0 | 9.5 | 8.7 | 7.4 | 6.0 | 8.0 | 6.0 |
| 8.0 | 16.0 | 8.0 | 9.8 | 4.6 | 5.5 | 6.8 | 8.5 |
| 7.1 | 16.0 | 5.3 | 6.8 | 5.0 | 6.5 | 7.5 | 7.2 |
| 6.6 | 17.0 | 7.3 | 9.0 | 5.2 | 11.8 | 7.0 | 6.8 |
| 8.9 | 11.8 | 8.3 | 9.6 | 8.3 | 11.8 | 9.1 | 7.5 |
| 9.0 | 8.0 | 10.3 | 8.9 | 8.2 | 6.0 | 6.4 | 7.0 |
| 11.5 | 9.0 | 8.1 | 8.5 | 8.0 | 4.0 | 6.0 | 6.1 |
| 17.0 | 6.2 | 9.0 | 8.8 | 10.0 | 5.0 | 4.5 | 6.2 |
| 7.8 | 6.0 | 7.5 | 9.7 | 8.4 | 6.2 | 7.0 | 6.7 |
| 6.3 | 9.0 | 6.5 | 9.5 | 6.6 | 6.1 | 8.3 | 7.0 |
| 8.8 | 9.2 | 11.4 | 8.9 | 8.8 | 11.8 | 9.8 | 7.1 |
| 12.8 | 8.7 | 8.5 | 9.8 | 10.5 | 8.7 | 6.7 | 7.2 |
| 7.7 | 8.5 | 8.7 | 9.7 | 7.8 | 4.3 | 5.6 | 6.0 |
| 5.7 | 6.9 | 7.0 | 7.8 | 5.2 | 5.9 | 7.0 | 5.2 |
| 7.4 | 10.0 | 8.5 | 9.8 | 9.0 | 6.7 | 5.0 | 6.2 |
| 6.7 | 6.8 | 7.4 | 8.0 | 5.2 | 7.4 | 4.6 | 6.3 |
| 7.1 | 6.6 | 8.9 | 9.0 | 5.2 | 8.3 | 8.2 | 5.0 |
| 11.5 | 17.0 | 7.8 | 10.5 | 10.0 | 8.4 | 4.1 | 3.5 |
| 11.9 | 12.0 | 10.8 | 9.8 | 7.5 | 3.5 | 4.1 | 4.2 |
| 平均 | | | 8.96 | | | | 6.73 |
| 标准误差 | | | 2.59 | | | | 1.81 |
| 清除效果 | | | | | | | 24.3 % |
| 统计误差 | | | | | | | <0.01 |

实施例 2:

当滤嘴中含 0.00015%前花青素时对清除烟气中的
气象自由基的效果

| 对照组的 HO | | | | 实施例的 HX | | | |
|---------|------|------|------|---------|-----|------|-------|
| 4.1 | 4.6 | 4.5 | 4.5 | 2.0 | 3.0 | 4.3 | 5.1 |
| 7.5 | 4.8 | 8.0 | 5.0 | 4.5 | 7.5 | 4.7 | 4.0 |
| 4.0 | 8.0 | 13.5 | 8.0 | 5.0 | 3.5 | 9.0 | 3.5 |
| 6.9 | 6.2 | 4.7 | 5.6 | 7.8 | 7.9 | 7.4 | 5.1 |
| 5.7 | 6.9 | 7.0 | 7.8 | 5.0 | 3.9 | 4.9 | 5.7 |
| 7.4 | 10.0 | 6.5 | 5.7 | 5.1 | 6.7 | 7.1 | 6.6 |
| 6.7 | 6.8 | 7.4 | 8.0 | 7.3 | 7.0 | 6.4 | 6.3 |
| 7.1 | 6.6 | 8.9 | 9.0 | 5.0 | 6.9 | 6.1 | 4.2 |
| 11.5 | 17.0 | 7.8 | 7.0 | 6.5 | 7.0 | 10.0 | 11.0 |
| 6.6 | 7.1 | 9.0 | 8.8 | 11.5 | 6.2 | 6.4 | 6.5 |
| 6.3 | 8.7 | 7.6 | 5.0 | 7.7 | 8.0 | 6.0 | 7.0 |
| 7.0 | 7.5 | 6.1 | 5.0 | 4.1 | 7.6 | 5.6 | 6.0 |
| 5.5 | 5.5 | 6.5 | 8.5 | 7.5 | 5.0 | 4.0 | 4.1 |
| 8.5 | 9.5 | 8.5 | 10 | 4.0 | 5.0 | 4.0 | 4.05 |
| 12 | 9.0 | 8.0 | 7.0 | 4.0 | 5.5 | 6.0 | 4.6 |
| 10 | 11.0 | 10.5 | 8.9 | 7.3 | 5.5 | 7.5 | 7.6 |
| 9.2 | 9.5 | 10.0 | 7.0 | 4.8 | 5.7 | 6.0 | 6.6 |
| 10.5 | 8.0 | | | 8.0 | 5.0 | 8.0 | |
| 平均 | | | 7.22 | | | | 5.97 |
| 标准误差 | | | 2.28 | | | | 1.90 |
| 清除效果 | | | | | | | 22.6% |
| 统计误差 | | | | | | | <0.05 |

实施例 3.

当滤嘴中含 0.0003%前花青素时对清除烟气中的气象自由基的效果

| 对照组的 HO | | | | 实施例 3 的 HX | | | |
|---------|------|------|------|------------|------|------|-----|
| 18.5 | 6.5 | 9.9 | 5.2 | 12.0 | 6.7 | 5.3 | 4.4 |
| 18.5 | 6.8 | 7.3 | 5.8 | 12.0 | 5.6 | 6.0 | 2.7 |
| 16.5 | 5.3 | 7.5 | 7.2 | 11.0 | 6.1 | 7.5 | 6.5 |
| 15.5 | 5.9 | 7.5 | 9.0 | 10.3 | 5.7 | 6.0 | 4.2 |
| 15.2 | 5.8 | 7.0 | 8.8 | 10.0 | 6.7 | 5.2 | 6.0 |
| 15.0 | 7.7 | 6.1 | 8.5 | 10.0 | 7.0 | 5.4 | 6.2 |
| 15.0 | 5.5 | 6.5 | 7.4 | 9.9 | 7.1 | 4.6 | 6.1 |
| 13.7 | 5.4 | 8.0 | 10.5 | 9.5 | 7.8 | 6.0 | 7.0 |
| 13.3 | 5.8 | 6.6 | 8.0 | 9.0 | 7.8 | 3.0 | 7.0 |
| 13.0 | 7.8 | 7.0 | 6.6 | 8.2 | 5.1 | 4.2 | 6.1 |
| 12.0 | 6.2 | 9.0 | 6.5 | 8.0 | 7.1 | 4.5 | 3.9 |
| 11.2 | 7.9 | 8.6 | 5.7 | 8.0 | 5.1 | 4.0 | 6.0 |
| 11.2 | 6.2 | 7.5 | 5.1 | 7.5 | 4.2 | 5.2 | 6.0 |
| 10.0 | 6.0 | 6.0 | 7.2 | 7.0 | 5.6 | 3.7 | 7.2 |
| 8.0 | 6.5 | 6.5 | 7.3 | 6.5 | 6.8 | 5.4 | 6.7 |
| 9.0 | 6.0 | 5.0 | 7.8 | 7.2 | 4.2 | 4.2 | 3.2 |
| 7.8 | 7.1 | 6.8 | 7.0 | 6.0 | 8.0 | 6.7 | 4.1 |
| 6.7 | 6.1 | 5.9 | 7.4 | 7.1 | 5.3 | 6.0 | 4.5 |
| 18.5 | 5.5 | 14.2 | 5.5 | 10.5 | 11.2 | 10.5 | 8.0 |
| 6.5 | 6.4 | 6.0 | 6.0 | 3.6 | 8.4 | 5.1 | 4.7 |
| 6.7 | 6.0 | 7.4 | 7.8 | 4.0 | 5.5 | 5.7 | 4.5 |
| 8.0 | 16.0 | 16.0 | 17.0 | 12.0 | 10.5 | 10.5 | 6.0 |
| 11.8 | 8.0 | 9.0 | 9.5 | 11.8 | 5.0 | 5.2 | 5.0 |
| 6.0 | 7.6 | 7.8 | 10.5 | 7.7 | 7.0 | 6.0 | 5.0 |
| 6.0 | 7.4 | 8.2 | 7.9 | 6.5 | 3.5 | 6.0 | 4.0 |
| 6.0 | 5.0 | 6.2 | 9.7 | 5.2 | 6.0 | 8.0 | 9.0 |
| 6.7 | 5.6 | 6.0 | 10.9 | 6.9 | 5.6 | 2.3 | 5.0 |
| 5.7 | 6.7 | 7.0 | 9.8 | 3.7 | 6.7 | 2.7 | 5.0 |
| 7.8 | 9.8 | 5.7 | 8.1 | 2.0 | 2.2 | 6.2 | 8.2 |
| 5.1 | 8.2 | 5.6 | 8.9 | 3.8 | 4.6 | 2.9 | 6.8 |
| 5.3 | 8.0 | 7.5 | 9.0 | 4.3 | 2.5 | 2.6 | 5.0 |
| 6.5 | 8.8 | 5.3 | 9.6 | 5.2 | 5.4 | 4.6 | 6.0 |
| 5.8 | 7.7 | 8.5 | 9.8 | 3.0 | 4.2 | 4.5 | 5.2 |
| 5.8 | 7.8 | 6.2 | 7.9 | 5.2 | 3.7 | 5.4 | 4.4 |
| 9.2 | 8.0 | 8.5 | 9.9 | 2.7 | 6.5 | 4.2 | 5.0 |
| 9.8 | 8.0 | 9.5 | 10.5 | 6.5 | 6.1 | 2.0 | 4.5 |

| | | |
|------|------|-------|
| 平均 | 8.30 | 6.01 |
| 标准误差 | 2.92 | 2.12 |
| 清除效果 | | 27.6% |
| 统计误差 | | <0.01 |

实施例 4.

当滤嘴中含 0.0005%前花青素时对清除烟气中的
气象自由基的效果

| 对照组的 HO | | | | 实施例 4 的 HX | | | |
|---------|------|------|------|------------|------|-----|------|
| 7.9 | 15.0 | 5.8 | 6.7 | 5.4 | 2.0 | 6.2 | 6.5 |
| 8.7 | 18.0 | 5.9 | 6.0 | 5.8 | 10.5 | 7.0 | 6.8 |
| 9.7 | 15.0 | 6.2 | 7.4 | 4.9 | 11.0 | 6.2 | 7.0 |
| 7.0 | 19.0 | 6.1 | 7.8 | 7.0 | 6.6 | 5.0 | 7.0 |
| 8.6 | 16.5 | 5.0 | 8.0 | 8.0 | 10.3 | 3.5 | 3.9 |
| 8.8 | 7.3 | 6.3 | 16.0 | 8.0 | 7.0 | 6.6 | 2.5 |
| 9.4 | 8.0 | 5.2 | 16.0 | 8.7 | 6.0 | 4.1 | 8.5 |
| 10.1 | 12.0 | 7.1 | 17.0 | 6.7 | 8.6 | 2.6 | 4.1 |
| 7.0 | 11.2 | 7.5 | 11.8 | 8.7 | 9.6 | 2.6 | 4.8 |
| 7.5 | 13.0 | 7.6 | 8.0 | 6.5 | 5.8 | 1.2 | 5.2 |
| 8.7 | 13.3 | 6.5 | 9.0 | 5.6 | 1.8 | 1.9 | 5.5 |
| 9.6 | 11.2 | 6.9 | 6.2 | 6.7 | 11.0 | 5.9 | 5.0 |
| 6.1 | 18.5 | 6.8 | 6.0 | 7.6 | 10.7 | 4.6 | 6.1 |
| 5.9 | 15.2 | 5.9 | 7.6 | 5.5 | 9.8 | 4.0 | 10.0 |
| 6.6 | 15.5 | 6.2 | 7.8 | 5.5 | 9.7 | 4.7 | 7.4 |
| 6.2 | 10.0 | 18.5 | 5.5 | 6.0 | 10.0 | 5.4 | 10.0 |
| 6.3 | 13.7 | 21.5 | 6.0 | 5.0 | 9.0 | 3.0 | 8.0 |
| 7.4 | 7.2 | 14.2 | 7.4 | 6.7 | 6.7 | 6.2 | 5.0 |
| 9.1 | 6.2 | 6.5 | 8.2 | 6.6 | 5.0 | 6.4 | 8.0 |
| 6.4 | 6.0 | 6.6 | 6.0 | 7.1 | 5.8 | 5.6 | 9.8 |
| 5.0 | 6.2 | 6.2 | 6.9 | 8.8 | 3.0 | 4.4 | 4.5 |
| 9.2 | 9.5 | 6.0 | 8.2 | 5.7 | 5.8 | 5.7 | 8.5 |
| 10.3 | 8.1 | 9.0 | 7.5 | 7.7 | 9.5 | 7.5 | 8.2 |
| 7.2 | 6.2 | 5.8 | 5.9 | 5.0 | 6.2 | 7.0 | 6.2 |
| 8.2 | 8.1 | 5.0 | 8.3 | 5.0 | 3.5 | 6.6 | 4.1 |
| 5.3 | 7.7 | 7.5 | 7.6 | 2.6 | 2.6 | 1.2 | 1.9 |
| 8.5 | 8.9 | 6.8 | 4.7 | 5.9 | 4.6 | 4.0 | 4.7 |
| 5.9 | 6.2 | 7.9 | 8.0 | 5.4 | 3.0 | 5.4 | 5.8 |
| 9.7 | 7.0 | 8.6 | 8.0 | 4.9 | 7.0 | 6.0 | 6.0 |
| 8.8 | 8.2 | 10.1 | 7.0 | 6.2 | 6.7 | 6.7 | 6.7 |
| 7.5 | 8.7 | 9.6 | 6.1 | 6.5 | 5.6 | 6.7 | 7.6 |
| 5.9 | 8.6 | 6.2 | 6.3 | 5.5 | 5.5 | 6.0 | 5.0 |
| 7.4 | 9.1 | | | 6.7 | 6.6 | | |
| 平均 | 8.62 | | | 6.11 | | | |
| 标准误差 | 3.39 | | | 2.17 | | | |
| 清除效果 | | | | 29.1% | | | |
| 统计误差 | | | | <0.01 | | | |

实施例 5.

当滤嘴中含 0.001%前花青素时对清除烟气中的
气象自由基的效果

| 对照组的 HO | | | | 实施例 5 的 HX | | | |
|---------|------|------|-----|------------|------|------|-----|
| 6.6 | 8.5 | 7.8 | 6.6 | 1.2 | 6.5 | 5.8 | 1.2 |
| 6.6 | 6.0 | 8.0 | 5.6 | 5.8 | 6.0 | 11.1 | 5.9 |
| 8.6 | 5.4 | 16.0 | 8.6 | 4.0 | 4.8 | 12.0 | 4.0 |
| 6.9 | 6.1 | 16.0 | 5.9 | 4.9 | 7.2 | 11.8 | 4.9 |
| 5.8 | 6.1 | 17.0 | 5.3 | 5.2 | 6.2 | 11.0 | 5.2 |
| 6.4 | 7.8 | 11.8 | 6.4 | 4.5 | 6.6 | 12.5 | 4.5 |
| 7.1 | 7.8 | 8.0 | 5.1 | 8.0 | 5.7 | 9.0 | 6.0 |
| 8.2 | 5.7 | 9.0 | 8.2 | 6.2 | 4.7 | 6.7 | 6.2 |
| 6.3 | 6.0 | 6.2 | 6.3 | 5.9 | 5.0 | 5.2 | 5.9 |
| 6.7 | 8.5 | 6.0 | 8.1 | 5.2 | 6.0 | 7.0 | 5.2 |
| 5.7 | 8.0 | 7.6 | 5.2 | 5.2 | 6.0 | 7.0 | 5.3 |
| 6.9 | 5.3 | 7.8 | 6.9 | 5.1 | 6.3 | 6.5 | 5.1 |
| 6.2 | 5.8 | 5.5 | 6.2 | 5.1 | 2.7 | 4.0 | 5.1 |
| 7.8 | 7.1 | 6.0 | 8.8 | 6.0 | 6.0 | 8.0 | 6.0 |
| 6.8 | 7.2 | 7.4 | 8.8 | 4.0 | 6.9 | 5.0 | 4.0 |
| 5.8 | 5.9 | 8.2 | 8.6 | 5.6 | 2.9 | 5.4 | 5.6 |
| 6.7 | 6.5 | 6.0 | 8.1 | 4.1 | 7.0 | 5.5 | 4.1 |
| 5.7 | 8.1 | 5.0 | 5.2 | 4.7 | 5.8 | 5.0 | 4.7 |
| 5.6 | 5.0 | 6.2 | 5.0 | 5.0 | 6.0 | 4.3 | 5.2 |
| 5.9 | 6.5 | 6.2 | 6.7 | 5.2 | 4.3 | 5.0 | 5.2 |
| 5.9 | 6.0 | 6.0 | 5.4 | 5.6 | 5.7 | 9.5 | 5.1 |
| 7.2 | 6.5 | 9.2 | 5.7 | 4.3 | 5.0 | 10.7 | 5.1 |
| 7.5 | 6.7 | 9.5 | 5.6 | 4.9 | 6.6 | 9.5 | 4.4 |
| 6.5 | 18.5 | 6.0 | 5.9 | 4.9 | 12.5 | 7.5 | 5.0 |
| 6.7 | 21.5 | 5.3 | 7.2 | 6.1 | 10.7 | 8.2 | 5.2 |
| 7.3 | 14.2 | 7.3 | 7.5 | 5.8 | 11.5 | 8.0 | 5.6 |
| 7.6 | 21.5 | 8.2 | 6.5 | 7.7 | 8.7 | 6.0 | 4.3 |
| 5.8 | 6.5 | 10.3 | 6.7 | 6.1 | 4.8 | 6.4 | 4.9 |
| 6.4 | 6.4 | 8.1 | 7.3 | 5.6 | 2.0 | 4.9 | 6.0 |
| 6.6 | 6.0 | 9.0 | 7.6 | 4.9 | 6.0 | 5.8 | 5.6 |
| 6.3 | 6.0 | 7.4 | 7.8 | 6.5 | 5.6 | 7.1 | 6.1 |
| 7.3 | 6.7 | 6.7 | 7.8 | 7.1 | 4.0 | 5.6 | 4.9 |
| 7.8 | 6.0 | 6.0 | 8.5 | 7.1 | 6.0 | 3.5 | 6.0 |
| 平均 | 7.45 | | | 5.96 | | | |
| 标准误差 | 2.79 | | | 2.02 | | | |
| 清除效果 | | | | 20.0% | | | |
| 统计误差 | | | | <0.05 | | | |