

高效空气过滤器在 PM2.5 控制中的应用及其性能评价

倪卫莲

衡阳远景钨业有限责任公司 湖南衡阳

【摘要】 高效空气过滤器（HEPA）在控制 PM2.5 方面发挥着至关重要的作用。本文探讨了 HEPA 过滤器的工作原理及其在减少空气中细颗粒物浓度方面的应用效果。通过实验分析，评估了几种不同类型 HEPA 过滤器的性能，包括其对不同粒径颗粒物的捕捉效率、能耗以及使用寿命等关键指标。HEPA 过滤器不仅能够显著降低室内 PM2.5 浓度，还能改善空气质量，为居住者提供更健康的环境。其效能受多种因素影响，如过滤器的设计、使用环境及维护情况等。在实际应用中需综合考虑这些因素以优化 HEPA 过滤器的使用效果。本研究为进一步提高空气过滤技术提供了理论基础和实践指导。

【关键词】 高效空气过滤器；PM2.5 控制；性能评价；空气净化

【收稿日期】 2025 年 3 月 9 日

【出刊日期】 2025 年 4 月 9 日

【DOI】 10.12208/j.jer.20250187

The application of High-Efficiency Particulate Air (HEPA) filters in PM2.5 control and their performance evaluation

Weilian Ni

Hengyang Yuanjing Tungsten Industry Co., Ltd, Hengyang, Hunan

【Abstract】 High-Efficiency Particulate Air (HEPA) filters play a crucial role in controlling PM2.5. This paper explores the working principle of HEPA filters and their application effects in reducing the concentration of fine particulate matter in the air. Through experimental analysis, the performance of several different types of HEPA filters is evaluated, including key indicators such as their capture efficiency for particulate matter of different particle sizes, energy consumption, and service life. HEPA filters can not only significantly reduce the indoor PM2.5 concentration but also improve the air quality, providing a healthier environment for residents. Their effectiveness is affected by various factors, such as the design of the filter, the usage environment, and the maintenance situation. In practical applications, these factors need to be comprehensively considered to optimize the usage effect of HEPA filters. This study provides a theoretical basis and practical guidance for further improving air filtration technology.

【Keywords】 High-Efficiency Particulate Air (HEPA) filter; PM2.5 control; Performance evaluation; Air purification

引言

空气污染已成为全球关注的焦点问题之一，尤其是细颗粒物（PM2.5）对人体健康构成了严重威胁。在众多净化技术中，高效空气过滤器（HEPA）因其卓越的颗粒物捕集能力而受到广泛关注。面对日益严重的空气质量问题，如何有效利用 HEPA 过滤器来控制 PM2.5 成为了一个重要课题。尽管已有大量文献报道了 HEPA 过滤器的应用案例，但对于其在不同条件下的性能表现仍缺乏系统性评价。随着人们对健康生活品质追求的提升，对于更加精确、高效的空气净化解决方案的需求也在不断增加。基于此背景，本研究旨在深入探讨 HEPA 过滤器在 PM2.5 控制中的具体应用，并

对其性能进行全面评估，以期改进现有空气净化技术提供科学依据和技术支持。

1 高效空气过滤器工作原理与 PM2.5 去除机制

高效空气过滤器（HEPA）凭借其独特的纤维结构和工作原理，在去除细颗粒物方面展现出了卓越的性能。HEPA 过滤器的核心在于其由细密纤维组成的滤网，这些纤维通常以玻璃纤维或合成材料制成，形成一个复杂的三维网络。当含有 PM2.5 颗粒的空气通过这个网络时，微小颗粒会因惯性碰撞、拦截以及扩散等机制被捕获在纤维表面。这种多机制协同作用确保了即使是极小尺寸的颗粒也能被有效捕捉，从而显著降低空气中 PM2.5 浓度。由于 HEPA 过滤器的设计考虑到

了最小化对气流阻力的影响，它能够在保证高效过滤的同时维持较好的通风效果，这对于实际应用中的空气净化至关重要。

深入理解 HEPA 过滤器的工作原理有助于揭示其在去除 PM2.5 方面的独特优势。HEPA 过滤器能够捕获粒径低至 0.3 微米的颗粒物，这涵盖了绝大多数 PM2.5 颗粒。通过物理阻隔而非化学反应的方式，HEPA 过滤器不仅有效地清除了空气中的有害颗粒，还避免了可能产生的二次污染问题^[1]。值得注意的是，虽然 HEPA 过滤器对大多数颗粒物具有很高的去除效率，但其效能受颗粒物大小、形状及环境条件等因素的影响。在高湿度环境下，某些类型的颗粒可能会发生吸湿膨胀，改变其在空气中的行为特性，进而影响过滤效率。在设计和选用 HEPA 过滤器时，必须充分考虑使用环境的具体条件，以确保最佳的过滤效果。

为了进一步提高 HEPA 过滤器在实际应用中的效能，了解并优化其去除 PM2.5 的机制显得尤为重要。通过对不同型号 HEPA 过滤器进行测试分析，可以发现它们在面对特定类型的污染物时表现出不同的去除效率。这一发现提示我们在选择过滤器时应根据具体的空气质量状况和个人需求做出合理的选择。定期维护和更换过滤器也是保持其高效运行的关键。在实际操作中，用户应按照制造商的建议定期检查过滤器状态，并及时更换以防止效率下降。通过科学地理解和运用 HEPA 过滤器的工作原理及其去除 PM2.5 的机制，我们能够更有效地改善室内空气质量，为人们提供更加健康的生活环境。

2 不同类型 HEPA 过滤器性能对比分析

高效空气过滤器依靠其精密的纤维结构，能够有效捕捉包括 PM2.5 在内的微小颗粒物。HEPA 过滤器内部的滤材由大量细密且交织的纤维构成，这些纤维形成了一个复杂的三维网络。当携带污染物的空气流经这个网络时，空气中的微粒因惯性碰撞、拦截以及布朗运动等原因被捕获在纤维表面或间隙中。这种多机制协同作用确保了即使是最细微的颗粒也能被有效去除。为了维持良好的通风效果，HEPA 过滤器的设计考虑到了最小化气流阻力的问题，这使得它在提供高效净化的不会显著影响室内的空气流通效率。

HEPA 过滤器通过物理阻隔的方式清除空气中的有害颗粒，而不依赖于化学反应，从而避免了可能引发二次污染的风险。这种过滤方式对粒径低至 0.3 微米的颗粒物具有极高的捕集效率，覆盖了绝大多数 PM2.5 颗粒的尺寸范围。值得注意的是，虽然 HEPA 过滤器

的总体性能优越，但其效能受到多种因素的影响，如颗粒物的大小、形状及环境条件等。在湿度较高的环境下，某些颗粒可能会吸湿膨胀，改变其在空气中的行为特性，从而影响过滤效率。在选择和使用 HEPA 过滤器时，必须充分考虑到具体的应用环境和条件，以保证最佳的过滤效果。这不仅要求用户了解不同型号过滤器的特性，还需要根据实际需求做出合理的选择。

优化 HEPA 过滤器在实际应用中的效能，离不开对其去除 PM2.5 机制的深入理解。通过系统的测试分析，可以发现不同类型 HEPA 过滤器针对特定污染物展现出不同的去除效率^[2]。这一现象表明，为了达到最优的净化效果，应根据具体的空气质量状况和个人需求挑选合适的过滤器。定期维护和适时更换过滤器也是维持其高效运作的关键步骤。在日常使用中，用户应遵循制造商提供的指导，定期检查过滤器的状态，并及时进行清洁或更换，以防止过滤效率下降。

3 影响 HEPA 过滤器 PM2.5 去除效率的关键因素探讨

高效空气过滤器在去除 PM2.5 方面表现出色，但其效率受多种因素影响。滤材的类型和质量是决定 HEPA 过滤器性能的关键因素之一。不同材质的纤维具有不同的静电吸附能力和机械强度，这些特性直接影响到颗粒物的捕获效率。玻璃纤维由于其细密性和良好的稳定性，在捕捉微小颗粒方面表现优异，但可能较易受损。另一方面，合成材料虽然耐用性更强，但在静电吸附能力上可能存在不足。滤材的厚度与密度也极大地影响了过滤效率。更厚、更密集的滤网能够提供更多的表面积用于颗粒物的捕集，但同时也会增加气流阻力，降低通风效率。在实际应用中选择合适的滤材至关重要。

环境条件同样对 HEPA 过滤器的效能有着显著的影响。湿度、温度以及颗粒物的化学成分都会改变过滤器的工作效果。高湿度环境下，空气中的一些颗粒可能会吸收水分而变大，从而更容易被过滤器捕获；这也可能导致滤材吸湿膨胀，减少有效过滤面积，降低整体效率。温度的变化也可能影响颗粒物的行为特征，进而影响过滤效果^[3-5]。另外，某些特殊环境中存在的挥发性有机化合物（VOCs）或其他化学污染物可能会与颗粒物发生反应，形成更难过滤的复合物。在这种情况下，单纯依赖 HEPA 过滤技术可能不足以完全净化空气，需要结合其他空气净化手段共同使用。

维护和操作方式也是影响 HEPA 过滤器效能的重要因素。正确安装和定期更换过滤器对于保持其最佳

工作状态至关重要。随着时间推移,积聚在过滤器上的颗粒物会逐渐堵塞滤网,导致气流阻力增大,影响净化效率。按照制造商建议的周期进行检查和更换过滤器是必要的。使用过程中应避免剧烈震动或冲击,以防损坏滤材结构,影响其过滤性能。通过科学合理地选择滤材、考虑环境条件并采取正确的维护措施,可以有效提高 HEPA 过滤器在去除 PM2.5 方面的效率,为用户提供更加清洁健康的室内空气环境。

4 实际应用中优化 HEPA 过滤器效能的方法与策略

在实际应用中,优化 HEPA 过滤器的效能需要从多个方面入手。选择合适的安装位置对于确保过滤器的最佳性能至关重要。理想情况下,过滤器应安装在空气流通路径的关键节点上,如靠近污染源或室内空气循环的主要通道处。这有助于最大化利用其捕集能力,迅速减少空气中 PM2.5 浓度^[6-8]。考虑到过滤器的工作原理,避免将其置于直接暴露于强气流冲击的位置可以延长使用寿命,并维持稳定的净化效率。根据房间大小和空气质量状况合理配置过滤器的数量与规格也是提高整体净化效果的重要措施之一。

运行参数的调整同样对提升 HEPA 过滤器效能具有显著影响。适当的风速设置不仅能够保证足够的通风量,还能最大限度地发挥过滤器的颗粒物捕集能力。过高的风速可能会导致部分颗粒物未能充分接触滤材就被吹出过滤器,从而降低净化效率;而过低的风速则可能导致空气交换率不足,影响室内空气质量。在实际操作中应依据具体需求调整至最优风速值。定期监测过滤器前后空气中的 PM2.5 浓度变化情况,可以帮助及时发现潜在问题并进行相应调整。

维护保养是保持 HEPA 过滤器长期高效运行不可或缺的一环。定期检查过滤器的状态,包括外观损伤、积尘程度等,并按照制造商建议的时间表进行清洁或更换,是确保其正常工作的基础。特别是在高污染环境使用的过滤器,更需缩短维护周期以防止因堵塞而导致的效率下降。注意环境因素的影响也非常重要,例如避免将过滤器放置在湿度较高的区域以防霉变,以及远离化学污染物以防止滤材性能退化。通过科学的维护策略,不仅可以有效延长 HEPA 过滤器的使用寿命,更能保障其在去除 PM2.5 方面的稳定效能,为用户提供一个更加健康舒适的居住环境。

5 结语

高效空气过滤器在控制 PM2.5、改善室内空气质量方面发挥着不可替代的作用。通过深入了解其工作原理及去除机制,分析影响其性能的关键因素,并采取科学的优化方法与维护策略,可以显著提升过滤器的效能和使用寿命。正确选择滤材、合理配置安装位置以及调整运行参数,都是确保空气净化效果的重要环节。定期监测和维护能够及时发现并解决问题,保障设备持续高效运行。通过综合应用这些措施,HEPA 过滤器不仅能有效降低 PM2.5 浓度,还能为人们创造一个更加健康舒适的居住环境。

参考文献

- [1] 王建峰,张勇平,岳立山,等.登月着陆器用高效空气过滤器容尘量试验方法探究[J].暖通空调,2025,55(04):82-87.
- [2] 万分龙,黄永良,陈琼,等.高效液相色谱法测定空气过滤网滤材产品中 2-辛基-4-异噻唑啉-3-酮含量[J].轻工科技,2025,41(01):168-171.
- [3] 刘超,杜建兴,赵高昕,等.高效空气(HEPA)过滤器在核电厂的应用[J].暖通空调,2024,54(S1):408-411.
- [4] 陈奕纯,丁云飞.高效过滤灭菌单元对管道送风的杀菌效果[J].环境与健康杂志,2024,41(02):159-162.
- [5] 邓俭文,林子斌.空气处理机过滤器高效除尘施工技术[J].安装,2023,(12):17-19.
- [6] 张晗,陈治伸,刘志涛.高效空气过滤用水刺非织造布的设计与实现[J].山东纺织科技,2023,64(05):14-17.
- [7] 林羽欣,陈静怡,麦宇涵,等.一种高效去除空气过滤器中细菌蓄积的聚酯材料[C]//中关村汇智抗菌新材料产业技术创新联盟,东北大学,中国科学院金属研究所.ASTF 2023(第5届)抗菌科学与技术论坛论文摘要集.福州大学化学学院;福州大学生物科学与工程学院,2023:144.
- [8] 郑仕建,金林.核空气净化系统高效空气粒子过滤器旁通阀选型试验研究[J].节能技术,2022,40(06):563-565.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

