

# 暖通空调系统中空气净化技术运用与管理分析

文 / 黄 伟 圣辉工程科技有限公司

**摘要:** 随着社会发展与人们健康意识的提高,传统暖通空调系统在空气净化方面已经无法满足需求,室内外污染物种类与浓度的增加,对暖通空调系统的空气质量净化提出了更高要求,本文首先对空气净化技术进行了概述,梳理其原理、分类与应用场景,为后续研究奠定理论基础,其次深入剖析了暖通空调系统中空气净化技术的应用意义,最后着重探讨了空气净化技术在暖通空调系统中的运用措施和管理措施,实现了对暖通空调系统空气净化效果的有效提升与管理的优化,以此为相关人员提供实践参考。

**关键词:** 暖通空调; 空气净化技术; 过滤设备; 气流组织; 多元净化技术

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.16.120

## 引言

随着人们生活品质的提升以及对室内环境健康关注度的日益增长,暖通空调系统在建筑领域的应用愈发广泛,作为调节室内温度、湿度、空气质量的关键,暖通空调系统尤为重要。现代建筑中无论是人员密集的商业综合体、对空气洁净度要求严苛的医院,还是追求舒适办公环境的写字楼,暖通空调系统都扮演着核心角色,但传统的暖通空调功能已难以满足当下人们对高品质室内空气的追求。大气污染的加重,使得室外污染物更多地侵入室内;同时室内装修材料、人员活动等也不断释放各类污染物,在此现实需求下深入研究暖通空调系统中的空气净化技术运用与管理,已经成为提升室内空气质量、保障人们健康生活与工作的迫切需求,对推动建筑环境领域的可持续发展也具有重要意义。

## 一、空气净化技术概述

空气净化技术按照原理大致可划分为物理、化学、生物净化三种。

物理净化主要是过滤,而常规的过滤技术大多借助不同孔径的滤网,例如初效滤网能拦截大颗粒的灰尘以及毛发等,中效滤网针对的是较小的花粉、粉尘等杂物<sup>[1]</sup>。

化学净化技术借助化学反应将污染物分解或转化,依靠特定波长的光激发产生电子-空穴对,生成具备强氧化性的自由基,最终达到净化空气这一目的<sup>[2]</sup>。

生物净化技术利用微生物将空气中的有机污染物当作营养源来分解代谢,转化为无害的无机物质,实现对空气的净化<sup>[3]</sup>。

## 二、暖通空调系统中空气净化技术的应用意义

### (一) 保障人体健康

空气中存在大量对人体有害的污染物,例如细菌、病毒这类微生物,是引发呼吸道感染、流感等疾病传播的重要因素。空气净化技术可吸附这些有害气体后进行分解,使室内有害物浓度降低,为人们营造一个健

康的呼吸空间,从根本上降低因室内空气污染导致的健康问题数量,保障人们的身体健康与生活质量。

### (二) 提升建筑环境品质

暖通空调系统中的空气净化技术可大幅提高室内空气的清新与洁净程度,构建出舒适安逸的空间,还可降低室内异味,防止由潮湿、微生物滋生等引起的空气霉变气味,使建筑内部长久维持宜人的气味,从各方面提升建筑环境品质,为使用者造就更优质的空间环境。

## 三、暖通空调系统空气净化技术的运用及管理措施

### (一) 精准适配过滤设备类型

暖通空调系统中,不同场所的空气污染物在种类与浓度方面差异极大,这便要求精准选择过滤设备类型,以此达到最好的净化效果。

就初效的过滤器而言,在一般办公空间,可选用过滤效率在G2-G4级别的产品,其可有效拦截超过 $5\mu\text{m}$ 的大颗粒灰尘、毛发等污染物,初始阶段的压降一般处于20—50Pa的范围内,以面积为 $1000\text{m}^2$ 的办公区域为例,配置风量为 $20000\text{m}^3/\text{h}$ 的暖通空调系统,能安装4个额定风量为 $5000\text{m}^3/\text{h}$ 的初效过滤器,这样能满足系统风量的需求,又能保障大颗粒污染物被有效阻挡。

中效过滤器可捕获 $1-5\mu\text{m}$ 的颗粒,在医院、学校等人群密集的场所,建议选用F5-F9级别的中效过滤器,其过滤效率可达到40%~95%的数值范围,以所拥有200间教室的学校为例,每间教室面积达 $50\text{m}^2$ ,暖通空调系统整体风量为 $100000\text{m}^3/\text{h}$ ,能安装额定风量为 $10000\text{m}^3/\text{h}$ 的中效过滤器10个,以应对花粉、尘埃以及部分微生物这类污染物。针对空气质量要求极高的各类场所,例如电子芯片制造的车间,必须使用高效过滤器,高效过滤器可对 $0.3\mu\text{m}$ 甚至更小的颗粒物进行过滤,过滤效率可达到99.97%以上。如果车间面积为 $5000\text{m}^2$ ,暖通空调系统工作时风量为 $500000\text{m}^3/\text{h}$ ,需安装额定风量为 $50000\text{m}^3/\text{h}$ 的高效过滤器10个,使车间内空气达到生产所需的洁净度标准。

## （二）优化气流组织设计

合理的气流组织布局对暖通空调系统空气净化极为关键，若气流组织安排得不合理，会导致室内空气出现气流短路、通风死角等问题，致使污染物无法高效排出或均匀分布，导致净化效果降低。

所以设计气流组织时，首先应确定合适的送风口形式和位置。就层高3米的普通办公室而言，可采用散流器形式的送风口，该扩散角一般在 $30^{\circ}$ — $40^{\circ}$ 这个范围，将送风口均匀分布于天花板上，间距保持在3—4m，可让送出的空气均匀地扩散到整个房间，依照房间的功能跟布局，送风口一般安装在距离天花板0.2—0.3m的高度，从而让气流能够有效覆盖工作区域。

回风口的位置同样需精心设计，如果在办公室中回风口可将位置定在靠近人员活动区域且远离污染源的地方，比如房间的角落，从地面算起0.1—0.2m。回风口风速一般设定在2—4m/s，从而保证室内空气能顺利回到空调系统进行处理。通过CFD（计算流体力学）模拟分析，可对气流组织方案做进一步优化。如在面积为 $500\text{m}^2$ 的会议室中，经模拟发现，把送风口设置到会议室两侧墙壁的上方，呈对角走向布置，回风口定位于会议室底部的正中心，可让室内空气实现良好循环，空气龄（其为衡量空气新鲜程度的指标）能控制在20—30分钟内，切实提高室内空气的混合效果及净化效率，保障室内各个区域均可获得优良的空气质量。

## （三）集成多元净化技术

单一空气净化技术一般存在局限性，难以应对复杂多变的空气污染物，仅凭借过滤技术，无法对气态污染物实现有效去除，而吸附技术对颗粒物的去除效果相对较弱，集成多元净化技术成为提升暖通空调系统空气净化能力的核心要点。实际设计中可将过滤、吸附和光催化氧化技术进行结合，运用由初、中、高效过滤器构成的过滤系统，按照前文讲过的适配方式，把空气中的颗粒物去除。以面积为 $800\text{m}^2$ 的酒店大堂为例，配置风量为 $30000\text{m}^3/\text{h}$ 的暖通空调系统，安装对应规格的过滤器，可把空气中PM2.5等颗粒物的浓度降低到 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以内。同时活性炭吸附模块安装到空调系统的风道里，其作用是吸附甲醛、苯等挥发性有机化合物，活性炭吸附模块填充量是依据风道尺寸和污染物浓度而定的，通常每立方米风道空间是填充5—10kg活性炭。针对酒店大堂这类有装修异味及少量挥发性有机物的地方，经过活性炭的吸附后，初始 $0.2\text{mg}/\text{m}^3$ 的甲醛浓度，可降低至 $0.08\text{mg}/\text{m}^3$ 以下，达到国家既定标准。同时还可结合实际需求引入光催化氧化技术，在风道内安装波长为254nm的紫外线灯，搭配二氧化钛光催化剂，

对经过过滤与吸附后的空气进行进一步净化。光催化剂负载量一般是每平方米载体表面负载二氧化钛10—20g，借助光催化氧化的作用，可把残留的有机污染物彻底分解成二氧化碳与水，通过这种多元净化技术的整合，可全面、高效地去除空气中的多种污染物，极大提升暖通空调系统的空气净化效果，为室内营造更良好、健康的空气环境质量。

## （四）依托智能技术加强管理

传统的暖通空调系统运行模式僵化，不能根据室内空气质量的实时变动进行动态调整，导致能源被无谓消耗，净化效果差。采用智能控制技术可实现对暖通空调系统的精准调节，提高空气净化效率与节能成效。

系统中可以安装各类传感器，如空气质量的监测传感器，可实时监测室内PM2.5、甲醛、TVOC（总挥发性有机化合物）等污染物的浓度。当PM2.5浓度传感器检测到室内PM2.5浓度超出 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时，智能控制系统自动启动高效过滤器，进而提高风机的转速，把风量提升至20%—30%的增幅，借此加快空气净化的效率。温湿度传感器同样起着十分关键的作用，若室内温度超出 $26^{\circ}\text{C}$ 且湿度大于60%RH，智能系统自动调节空调的制冷及除湿的量，把温度控制在 $24^{\circ}\text{C}$ — $26^{\circ}\text{C}$ 区间，把湿度稳定在40%—60%RH。该温湿度范围可提升人身体的舒适程度，还不利于细菌、霉菌等微生物大量滋生，间接提升空气的净化效果。

同时管理人员还可以结合实际情况通过智能算法对传感器数据进行分析处理工作，如采用模糊控制的算法，按照多种污染物浓度、温湿度等参数的综合起伏变化，动态调整暖通空调系统中各净化设备与部件的运行状态。在面积为 $1500\text{m}^2$ 的写字楼区域，采用智能控制技术，能使系统在保证空气质量达标的情形下，跟传统运行模式相比，能实现15%—20%的节能。管理人员则能够依托智能控制系统，使用手机APP或者电脑端进行远程监控与操作，以便于管理人员随时掌握系统运行情况，及时进行调试，保证暖通空调系统持续高效地进行运行，为室内提供稳定、质量上乘的空气净化服务。

## （五）案例分析

### 1. 工程概况

以某电子元件生产车间为例，总建筑面积为 $8000\text{m}^2$ ，主要生产各类高精度电子元件，对生产环境空气质量要求极高，暖通空调系统设计总风量为 $800000\text{m}^3/\text{h}$ ，以满足车间内不同区域的空气净化与调节需求。不同区域洁净需求（按A—D级别划分，依据如表1）。

表 1 分级标准

级别	悬浮粒子允许数 /m <sup>3</sup> (静态)	悬浮粒子允许数 /m <sup>3</sup> (动态)
粒径	≥ 0.5 μm	≥ 0.5 μm
A 级	3520	3520
B 级	3520	352000
C 级	352000	3520000
D 级	3520000	不作规定

2. 洁净需求分析

A 级区域面积为 1000m<sup>2</sup>，进行芯片制造等超精密生产，洁净等级为 A 级，每立方米空气中粒径 ≥ 0.5 μm 的粒子数静态和动态均不超过 3520 个，防止微小的尘埃粒子对芯片等超精密元件的生产造成影响，确保产品的高精度和稳定性。

B 级区域面积 2000m<sup>2</sup>，承担电子元件的组装环节，该区域洁净等级为 B 级，每立方米空气中粒径 ≥ 0.5 μm 的粒子数静态不超过 3520 个，动态不超过 352000 个。相对 A 级区域，B 级区域对尘埃粒子的容忍度有所提高，但仍需保持较高的洁净水平，以避免组装过程中元件受到污染，影响产品性能。

C 级区域面积 3000m<sup>2</sup>，主要进行电子元件的检测和初步加工。洁净等级为 C 级，每立方米空气中粒径 ≥ 0.5 μm 的粒子数静态不超过 352000 个，动态不超过 3520000 个，满足检测和初步加工的环境需求，防止较大颗粒污染物对元件造成损害。

D 级区域面积 2000m<sup>2</sup>，用于原材料储存和一般辅助性工作，洁净等级为 D 级，每立方米空气中粒径 ≥ 0.5 μm 的粒子数静态不超过 3520000 个，动态不作规定，保证原材料在储存过程中不受过多污染，同时为辅助工作提供一个相对清洁的环境。

3. 过滤器搭配做法

A 级区域采用初效 (G4 级) + 中效 (F9 级) + 高效 (H14 级) + 超高效 (U15 级) 过滤器的四级过滤体系。初效过滤器拦截大颗粒灰尘，中效过滤器捕获 1-5 μm 的颗粒，高效过滤器过滤 0.3 μm 及更小的颗粒物，超高效过滤器进一步提升对微小粒子的过滤效果。根据区域面积与系统风量，安装了 2 个额定风量为 100000m<sup>3</sup>/h 的初效过滤器、2 个额定风量为 100000m<sup>3</sup>/h 的中效过滤器、2 个额

定风量为 100000m<sup>3</sup>/h 的高效过滤器以及 2 个额定风量为 100000m<sup>3</sup>/h 的超高效过滤器，确保 A 级区域达到极高的洁净标准。

B 级区域搭配初效 (G4 级) + 中效 (F9 级) + 高效 (H13 级) 过滤器的三级过滤体系。初效和中效过滤器先对较大颗粒污染物进行过滤，高效过滤器则负责过滤 0.3 μm 及以下的微小颗粒物。安装了 4 个额定风量为 100000m<sup>3</sup>/h 的初效过滤器、4 个额定风量为 100000m<sup>3</sup>/h 的中效过滤器以及 4 个额定风量为 100000m<sup>3</sup>/h 的高效过滤器，满足 B 级区域的洁净要求。

C 级区域配置初效 (G3 级) + 中效 (F8 级) + 高效 (H12 级) 过滤器。初效过滤器过滤大颗粒灰尘，中效过滤器去除 1-5 μm 的颗粒，高效过滤器对 0.5 μm 及以下的颗粒物进行过滤。按照区域面积与系统风量，安装了 6 个额定风量为 100000m<sup>3</sup>/h 的初效过滤器、6 个额定风量为 100000m<sup>3</sup>/h 的中效过滤器以及 6 个额定风量为 100000m<sup>3</sup>/h 的高效过滤器，保障 C 级区域的空气洁净度。

D 级区域选用初效 (G2 级) + 中效 (F5 级) 过滤器组合，初效过滤器拦截超过 5 μm 的大颗粒污染物，中效过滤器捕获 1-5 μm 的颗粒。安装了 4 个额定风量为 200000m<sup>3</sup>/h 的初效过滤器和 4 个额定风量为 200000m<sup>3</sup>/h 的中效过滤器，满足 D 级区域相对较低的洁净需求。

结语

综上所述，本文对暖通空调系统中空气净化技术的运用与管理相关内容进行了系统性分析，通过对过滤设备精准适配、气流组织优化设计、多元净化技术集成以及智能控制技术融入等运用措施，在提升空气净化效果、保障设备稳定运行等方面能够取得良好的效果，这些技术运用与管理措施对今后同类条件下的暖通空调系统空气净化工作，具有一定参考价值。相关人员未来应不断革故鼎新，积极探索更加高效、节能、环保的空气净化新技术与新管理模式，以适应不断变化的室内空气质量需求以及愈发严格的环保标准。

参考文献

[1] 贝育瑜. 中央空调系统中空气净化技术研究 [J]. 节能与环保, 2023, (06): 75-77.  
 [2] 梁伟西, 任龙. 暖通空调系统中的空气净化技术探讨 [J]. 工程技术研究, 2022, 7 (12): 77-79.  
 [3] 刘爱梅. 空气净化技术在中央空调中的应用综述 [J]. 制冷与空调, 2021, 21 (03): 1-3.

作者简介: 黄伟 (1980-), 男, 大专, 工程师, 从事建筑施工工作。