

XIKELIWU JINGHUA LÜLIAO
JI YINGYONG

细颗粒物净化滤料 及应用

高华东 肖 春 张殿印 等编著

非
外
借



化学工业出版社

XIKELIWU JINGHUA LÜLIAO
JI YINGYONG

细颗粒物净化滤料 及应用

高华东 肖春 张殿印 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书共九章，内容包括：滤料的定义、分类、重要性、过滤机理和应用范围。上篇为排气滤料篇，包括：滤料纤维，滤料织造与处理，常用排气滤料，排气滤料检验与选用；下篇为进气滤料篇，包括：进气滤料原料，进气滤料生产工艺和处理，常用进气滤料，滤料试验方法与应用。

本书内容全面、针对性强、重点突出、释义准确、新颖实用，可供大气污染治理和空气净化领域的工程技术人员、科研人员和管理人员参考，也可供高等学校环境科学与工程、建筑环境、暖通及相关专业师生参阅。

图书在版编目 (CIP) 数据

细颗粒物净化滤料及应用/高华东等编著. —北京:
化学工业出版社, 2018. 12
ISBN 978-7-122-33117-5

I. ①细… II. ①高… III. ①粒状污染物-空气净化 IV. ①X513

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 230400 号

责任编辑: 刘兴春 刘兰妹
责任校对: 边 涛

文字编辑: 孙凤英
装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷: 北京京华铭诚工贸有限公司
装 订: 三河市振勇印装有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张 20 字数 514 千字 2019 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 98.00 元

版权所有 违者必究



前言

随着社会经济的发展,人们对生活质量越来越关注,对自身健康越来越重视。但是人类生活的环境质量却不尽如人意,其中大气污染——雾霾是其中之一。大气环境污染在欧美国家都曾发生过,他们经过几十年的不懈努力现已改观。但对于我国,大气污染防治是一个任重且道远的工程。因此,大力推动污染治理、发展循环经济、保持生态平衡、保护蓝天白云成为现今的重大任务。大气中细颗粒物通过不同途径进入室内,加上室内的污染源会造成室内空气污染,因此需要通过空气过滤净化保持室内环境洁净。以上所有污染的防治和空气过滤净化都要借助过滤材料及其设备来实现。

编著本书的目的在于为广大环境工程的研发制造、工程设计、安装施工和运营管理人员提供一部内容全面、可操作性强、查找方便的滤料技术图书,希望本书能为读者提供一条捷径,以便使他们不再付出直接经验成本,不再走前人所走过的弯路,即能迅速达到较高的理论和技术水平,满足日益严格的颗粒物污染治理标准,包括 $PM_{2.5}$ 控制的需求,提高颗粒物治理工程和空气过滤净化技术水平。全书共九章,包括滤料的定义、分类、重要性、过滤机理和应用范围;上篇为排气滤料篇,包括:滤料纤维,滤料织造与处理,常用排气滤料,排气滤料检验与选用;下篇为进气滤料篇,包括:进气滤料原料,进气滤料生产工艺和处理,常用进气滤料,滤料试验方法与应用。

本书特点如下。

(1) 内容丰富 书中为环境工程应用提供各种进气、排气和专用的过滤材料,以及大气颗粒物控制需考虑的影响因素和技术诀窍,从而补充环境工程师已有的专业知识。

(2) 可操作性强 本书从实际出发,叙述内容尽可能结合设计、研发、制造、管理需要,读者利用本书可查找针对环境工程实用性和多样性的种种技术。

(3) 内容新颖 在编著中,作者使用新规范、新标准、新术语,把近年实践证明可行的新方法、新技术列在书中,还把多年来积累的宝贵资料总结于书中。

(4) 简明实用 书中有意避开了一些理论推导计算和物理常识叙述,使本书尽可能简明实用,重点突出,层次分明,释义准确,资料翔实,示例典型。

本书主要由高华东、肖春、张殿印编著;另外,任旭、徐飞、李冬义、张学义、孟婧、李本欣、徐琳、葛玉华、庄剑恒、宫继虹、侯伟丽等参加了本书部分内容的编著。李惊涛教授、彭犇教授对全书进行了总审核。本书在编著、审阅和出版过程中得到王海涛、朱晓华、王冠、安登飞等多位知名专家的鼎力相助,在此一并深致谢忱。本书参考和引用了一些科研、设计、教学和生产工作同行撰写的著作、论文、手册、教材、样本和学术会议论文集等,在此对所有作者表示衷心感谢。

限于编著者学识和编著时间,书中疏漏和不妥之处在所难免,殷切希望读者朋友不吝指正。

编著者

2018年10月于北京



目 录

第一章 绪论 001

第一节 滤料的定义和重要性 001

一、滤料的定义 001

二、滤料的重要性 001

第二节 气体过滤净化特点 002

一、气体过滤的特点 002

二、进气过滤与排气过滤的区别 ... 003

第三节 滤料的分类、过滤机理与应用

范围 003

一、滤料的分类 003

二、滤料的过滤机理 005

三、滤料的应用范围 006

上篇 排气滤料篇

第二章 滤料纤维 010

第一节 纤维分类和性能 010

一、滤料纤维分类 010

二、对滤料用纤维的基本要求 010

三、滤料纤维的性能表示 011

第二节 普通滤料纤维 019

一、天然纤维 019

二、聚酯纤维 021

三、聚酰胺纤维 021

四、聚烯烃纤维 022

五、含氯纤维 022

六、聚丙烯腈系纤维 022

七、纳米纤维 023

八、导电纤维 023

第三节 高性能滤料纤维 025

一、聚四氟乙烯纤维 025

二、芳香族聚酰胺纤维 026

三、聚酰亚胺纤维 028

四、聚对苯硫醚纤维 030

五、玻璃纤维 030

六、金属纤维 031

七、玄武岩纤维 032

八、陶瓷纤维 033

九、碳纤维 034

十、高熔点氧化物纤维 037

第三章 滤料织造与处理 038

第一节 滤料的命名和技术要求 038

一、滤料的分类与命名 038

二、滤料的技术要求 040

第二节 滤料的织造 043

一、机织滤料 043

二、针刺毡滤料 044

三、水刺毡滤料 045

第三节 滤料的处理 045

一、滤料纤维处理 046

二、滤料热定型处理 047

三、滤料烧毛处理 048

四、热轧光处理 048

五、浸渍处理 049

六、涂层处理 049

七、滤料的其他处理 050

第四节 滤料性能表示法 051

一、理化性能 051

二、力学性能 053

三、过滤性能 053

第四章 常用排气滤料 055

第一节 机织滤料 055

一、机织滤料特点 055

二、208 涤纶绒布 056

三、729 聚酯机织布 057

四、防静电机织滤料 057

五、机织玻纤滤料 060

六、混合纤维机织滤料 066

第二节 中、常温滤料	067
一、涤纶针刺毡	067
二、丙纶针刺毡	069
三、亚克力针刺毡	070
四、超细纤维滤料	071
五、防静电滤料	073
六、拒水拒油滤料	074
七、覆膜滤料	077
第三节 高温滤料	079
一、玻璃纤维滤料	079
二、芳纶针刺毡	082
三、诺美克斯	083
四、PPS 滤料	084
五、P84 耐高温针刺毡	086
六、PTFE 滤料	087
七、氟美斯高温滤料	088
八、华博特耐高温针刺毡复合滤料	091
九、高温梯度复合滤料	093
十、陶瓷滤料	095
十一、玄武岩纤维滤料	097
十二、金属纤维滤料	098
十三、太棉高温滤管	099
第四节 除尘专用滤料	100
一、纺织除尘常用滤料	100
二、柴油机排气专用滤料	106
三、滤筒专用滤料	116
四、塑烧板滤料	131
五、催化滤料	134
第五章 排气滤料检验与选用	138
第一节 滤袋制作	138
一、滤袋的组成和分类	138
二、滤袋的规格	139
三、滤袋的加工制作	141
第二节 滤料性能检验	142
一、滤料检验的内容和抽样	142
二、物理性能测试	142
三、滤料力学性能检验	146
四、滤料透气性和阻力的检验	148
五、滤料除尘效率测定	149
六、阻燃性能测试	152
七、荷电性能检验	155
第三节 选用滤料注意事项	157
一、选择的原则	157
二、根据含尘气体性质选择	157

三、根据粉尘性质选择	158
四、按除尘器的清灰方式选择	159
五、按运行制度选用滤料	161
六、按特殊工况选用滤料	161
第四节 滤袋使用维护和管理	162
一、除尘器滤袋的维护	162
二、滤袋失效分析与防范	164
三、滤袋的回用与处置	172

下篇 进气滤料篇

第六章 进气滤料原料	176
第一节 空气过滤净化技术	176
一、空气过滤技术	176
二、吸附式净化技术	176
三、离子技术	177
四、光催化剂技术	178
五、静电除尘技术	178
六、净化技术的协同效应	180
七、技术应用	180
第二节 天然纤维	181
一、木浆纤维	181
二、草本植物纤维	182
三、韧皮纤维和叶纤维	183
四、椰子纤维	184
五、动物纤维	184
第三节 合成纤维	185
一、黏胶纤维	185
二、聚乙烯纤维	186
三、双组分纤维和多组分纤维	186
四、其他合成纤维	186
第四节 无机纤维和功能纤维	187
一、玻璃棉	187
二、矿物棉	188
三、石棉	189
四、阻燃纤维	189
五、活性炭纤维	190
六、其他无机物纤维	192
第七章 进气滤料生产工艺和处理	193
第一节 黏结剂和添加剂	193
一、甲醛树脂	193
二、乳胶树脂	193
三、添加剂	194

第二节 过滤材料生产工艺	196	十四、烧结不锈钢丝毡	234
一、干法纤维网工艺	196	十五、陶瓷过滤材料	234
二、纺黏法纤维网	198	第四节 空气过滤器	236
三、熔喷纤维工艺	199	一、空气过滤器的分类和性能	236
四、静电纺纤维网	200	二、高效空气过滤器的分类和性能	237
五、湿法成网工艺	201	三、粗效空气过滤器	241
六、复合结构工艺	202	四、中效空气过滤器	245
第三节 湿法成网后的处理	203	五、高效空气过滤器	251
一、起瓦楞	203	六、核级高效空气过滤器	255
二、起皱	203	七、静电空气过滤器	257
三、复卷和分切	203	八、活性炭过滤器	260
四、冲印和模切	204	九、车用空气过滤器	262
五、制袋	204	十、气动空气过滤器	263
六、折叠	204	十一、灭菌空气过滤器	266
第八章 常用进气滤料	205	十二、防雾霾纱窗	268
第一节 空气过滤滤料分类与性能	205	十三、组合式空气过滤器	268
一、进气滤料分类	205	十四、如何选择合适的过滤器	270
二、滤料性能规定	206	第九章 滤料试验方法与应用	277
第二节 进气滤料的特点	207	第一节 试验用标准粉尘	277
一、干法成网的滤网特点	207	一、标准物质分类和条件	277
二、纺黏网的特点	208	二、实验用标准粉尘	277
三、熔喷纤维网的特点	209	三、其他试验粉尘	280
四、湿法成网纤维网的特点	209	第二节 滤料性能试验方法	282
五、驻极体过滤材料的特点	210	一、滤料最低过滤效率试验方法	282
六、复合结构滤网的特点	211	二、滤料多分散气溶胶计数法	284
七、吸附材料	211	三、准单分散气溶胶计数法	286
八、抗菌滤材	211	四、滤料计重效率和容尘量试验方法	288
九、机织空气过滤网	211	五、高效滤料容尘量试验方法	290
十、纤维层滤料	213	第三节 空气过滤滤料的应用	291
第三节 空气净化滤材	216	一、空气污染物来源	291
一、粗效过滤棉	216	二、过滤净化计算	292
二、中效空气过滤棉	218	三、空调装置中的应用	293
三、高效滤材	222	四、在洁净工程中的应用	295
四、滤纸	224	五、在进气净化中的应用	299
五、玻璃纤维滤材	225	六、在发动机过滤中的应用	299
六、活性炭滤材	226	七、在呼吸器具上的应用	301
七、纳米矿晶	227	八、在真空吸尘器过滤中的应用	304
八、抗菌滤网	227	九、在空气净化除湿中的应用	305
九、催化剂滤网	228	十、在空气净化器中的应用	306
十、车载过滤器滤芯	229	十一、在新风净化系统中的应用	311
十一、便携式口罩滤芯	229	参考文献	314
十二、粉末冶金过滤材料	232		
十三、复合过滤材料	233		

绪 论

滤料既是净化空气中细颗粒物的主要材料，又是决定细颗粒物净化效率的关键材料。本章简要介绍滤料的定义和重要性、气体过滤净化特点、滤料的分类、过滤机理与应用范围。

第一节 滤料的定义和重要性

一、滤料的定义

1. 国家标准给出的定义

(1) GB/T 6165—2008 中滤料 (filter medium) 的定义：未经折叠的，用于过滤空气粒子的平面过滤材料。

(2) JG/T 404—2013 中滤料 (filter media) 的定义：对空气中颗粒物具有过滤作用的材料。

(3) AQ4237—2014 中滤料 (filter material) 的定义：天然纤维、合成纤维材料制成的用于过滤和吸附颗粒物的织造或者非织造的透气的薄膜材料。滤料也可使用覆膜材料，以提高过滤效率。

2. 本书滤料的定义

过滤是指利用多孔体从流体中除去分散粉尘颗粒的净化过程。过滤时，由于惯性碰撞、拦截、扩散、筛分以及静电力、重力等作用，使悬浮于流体中的粉尘颗粒沉积于多孔体表面或容纳于多孔体中。作为多孔体材料，其结构可能是纤维状的、多孔状的，或者是这些结构的组合体，统称为过滤材料，简称滤料。

二、滤料的重要性

1. 滤料的重要意义

在空气过滤技术中，滤料及滤料层的构成是决定过滤设备性能的关键，它们决定着滤后空气质量，决定着过滤设备的基本性能。因此，过滤技术的发展在很大程度上取决于对滤料和滤料层构成的研究与改进。随着环保要求日趋严格和人类生活水平的不断提高，对滤料的要求也越来越高。一种好的滤料，除了满足基本要求外，还要求其滤速大、过滤周期长、纳污量大、滤层压力损失增长慢等，给人类提出了新的挑战。经过多年的研究和发展，滤料的

品种和规格日益增多,质量和性能逐步提高,应用范围不断扩大,适应了国民经济发展的需要,尤其是在空气除尘净化行业得到了良好的效果,并正在推动我国除尘过滤技术的不断进步和快速发展。

2. 滤料的重要作用

滤料和过滤装置有 2 个重要的作用:①从流体中除去不希望有的颗粒物,特别是细颗粒物;②回收有价值的颗粒物。

这两个作用有时会重叠,例如从流体中回收有用物质,不仅是为了使流体洁净,而且还要回收这些物质。

很多时候,过滤装置是为了保护某些物质,其目的可能是由于外部环境受污染而去保护内部环境(进气除尘),或由于内部环境受到污染而去保护外部环境(排气除尘)。例如,高效空气过滤器(high efficiency particulate air filter, HEPA)首先为核能设施研发,防止放射性尘粒或杂质渗漏到外部环境中去,现在它也可用于洁净室和空气净化器,目的是为了避开微量杂质从外部环境进入工作场所和生活场所。

气体过滤的流体,多数是空气,也可应用到除空气以外的气体。例如气体燃料的过滤,如天然气和丙烷;也有专用于过滤特殊气体的,如氧、氮、氦、氢等。与空气过滤的需求相比,非空气过滤器的用量很小。

滤料要做的第一件事是过滤流体中的颗粒物。如果颗粒物是粒子,则粒子就会有宽广的尺寸范围。滤除大尺寸粒子(如花粉、种子、大菌团和尘土)的滤材不同于滤除较小粒子(如烟雾、病毒等)的滤材。一般来说,过滤的粒子越小,滤材中的纤维越细,价格亦越高。充电技术中产生的驻极体滤材能提高过滤微小粒子的效率。

当颗粒物尺寸小到分子尺寸时,过滤材料的改变很大。空气中的污染气体属于这类尺寸。滤除分子级杂质的滤材应具备超细过滤——纳米级过滤。

3. 过滤装置设计

设计过滤装置时应考虑如下因素。

- (1) 过滤气体的性质 包括温度、黏度、化学性如腐蚀性等。
- (2) 颗粒物的性质 包括粒度和黏度。
- (3) 过滤装置的性能:①过滤效率;②流体阻力;③过滤装置寿命;④过滤装置尺寸大小。

第二节 气体过滤净化特点

一、气体过滤的特点

含颗粒的流体以一定速度通过过滤材料时,其中的颗粒在其表面被捕集,并逐渐形成尘层,其中少部分还可能嵌入滤料内部。此粉尘层也就成为新的过滤材料,从而提高了颗粒捕集效率。但随着粉尘层的加厚,过滤材料的透气性逐渐降低,阻力相应增加,此时必须除去粉尘层。过滤过程需定期地进行清灰再生,也可以定期更换被堵塞的滤料。

气体过滤对粉尘颗粒物特别是细颗粒物有很高的净化效率,排气用滤料对细颗粒物净化

效率可达 99.96%，进气用滤料对细颗粒物净化效率可达 100%。气体过滤对细颗粒物的净化效果是其他除尘净化设备无法比拟的，这是气体过滤净化的基本特征和主要特点。

二、进气过滤与排气过滤的区别

进气过滤与排气过滤都属于过滤净化技术的范畴，它们的工作原理有许多相同特点，其区别如下。

(1) 用途不同 进气过滤多用于洁净、通风及空调进气系统中，很少设置在工厂生产排气除尘系统中，过滤净化大气中的细微粉尘颗粒，使进入室内的空气更为清洁干净。利用空气过滤器不仅能捕集亚微米粒子，甚至能捕集有毒粒子及承担某些生产工艺过程中空气的超细净化。排气过滤主要应用在除尘过程中。

(2) 滤材结构不同 进气过滤的滤材结构有金属网格、无纺布物或特殊滤纸等，可根据净化的不同要求使用不同的滤材，其空隙率比袋式除尘所用滤料空隙率大，滤材以追求效率高、阻力低为目标。由于滤材结构不同，一些进气过滤的滤材不需要清灰再生。排气滤料在除尘过程中都要清灰再生，滤料寿命可达 3~5 年。

(3) 入口浓度不同 进气用滤料的入口质量浓度一般低于 5mg/m³，排气用滤料的入口质量浓度可达 100g/m³ 以上。有的排气滤料甚至对入口浓度没有限制。

(4) 过滤速度不同 进气滤料的过滤速度一般为 0.1~2.5m/s，而排气滤料的过滤速度一般为 0.6~1.6m/min，两者相差 1~2 个数量级。

(5) 排出浓度不同 排气净化的排放质量浓度一般在 10~30mg/m³，有的系统能达到 10mg/m³ 以下，已属于超低排放。进气净化后出口浓度有的以颗粒物数量计。

第三节 滤料的分类、过滤机理与应用范围

一、滤料的分类

滤料（又称过滤介质）是决定整个除尘系统效率的主要材料，是过滤分离除尘的关键部件。因为它直接影响过滤后空气的含尘浓度及日常运行的动力消耗，所以要根据不同的使用场所和要求选择不同种类、规格的滤料，使除尘系统取得良好的效果。

1. 滤料的分类

滤料的分类见表 1-1。

表 1-1 滤料的分类

分类方法	类型	说明
按滤料用途分类	进气用滤料	用来过滤空气中微尘的滤料，它又分为创建洁净空气的滤料和保护机器的滤料
	排气用滤料	用来过滤工矿企业排向大气的含尘气体，保护大气不受污染
	液体用滤料	用来过滤水、油等液体中的杂质，这种滤料不属于本书介绍内容

续表

分类方法	类型	说明
按滤料的结构对阻隔尘杂的作用分类	表层过滤滤料	包括金属丝网、尼龙丝网、多孔板、微孔滤膜等,在进气除尘中多作为初级过滤使用
	深层过滤滤料	包括泡沫塑料、织造织物、非织造织物、针织绒等,在进气除尘中多作为第二级净化使用
按滤料的结构分类	单孔类滤料	经向、纬向都是尼龙丝或金属丝交织的织物,如筛网、滤网
	多孔类滤料	包括泡沫塑料、非织造布、针织绒、水刺毡
按制作方法分类	织造滤料	在相互垂直排列的两个系统中,将事先纺制的(经、纬)纱线,按一定规律沉浮交错(即交织)而成的滤料
	非织造滤料	不经过一般的纺纱和织造过程,直接使纤维成网,再用机械、化学或其他方法,将它固结在一起形成纤维结构的滤料
	热塑成形滤料	将聚合物热压成多孔形过滤原件,再涂以防腐材料而成的滤料
	多孔陶瓷滤料	利用陶瓷纤维或其他耐高温材料加黏结剂及成孔剂烧结而成的滤料,具有耐高温特性
	纸质滤料	利用湿式造纸法制成的薄型滤料,便于折叠制成过滤筒
按过滤介质分类	复合滤料	用两种以上方法制成或由两种以上材料复合而成的滤料
	气固分离用滤料	自气体中将固体颗粒物分离出来的滤料,也称干式过滤材料
按滤料所用材质分类	液固分离用滤料	自液体中将固体颗粒物分离出来的滤料,也称湿式过滤材料
	天然纤维滤料	如植物纤维(棉、麻)滤料、动物纤维(兽毛)滤料、矿物纤维(如石棉)滤料等
	化学纤维滤料	如人造纤维(黏胶纤维)滤料、合成纤维滤料、无机纤维(如玻璃纤维、碳纤维、金属纤维、岩棉等)滤料

2. 滤料的特点

- (1) 织造滤料
 织物是将纺织好的纤维按一定的形式纵横交错编制而成的,主要有平纹组织、斜纹组织和缎纹组织三种。平纹织物交织点多,透气性不好。缎纹织物交织点最少,透气性好,表面光滑,较易清灰,但因纱线浮在表面的长度大,捻度又较小,破损机会增大。斜纹织物表面光滑,较易清灰,强度也较高,兼有强度与捕尘效果较好的优点。最常用的典型织物滤料有 208 涤纶绒布和 729 筒形梭织物。
- (2) 非织造滤料
 不经过一般的纺纱和织造过程,直接使纤维成网的滤料为非织造滤料。对天然纤维可采用热、湿、压力和运动的作用使之结合成压缩毡。合成纤维除熔喷干法和热粘等方法以外,还用针刺的方法制成,称为针刺毡。滤料经过开松、混料、梳理形成纤网,再经叠网,然后用很多带钩刺的钢针对之穿刺成毡。目前还有用高压水穿刺的工艺,使纤维纠缠,形成毡子。针刺毡分为有基布和无基布两种,有基布的是在两层纤维网之间夹一层基布,再针刺成毡,能提高针刺毡的强度。
- (3) 热塑成形滤料
 将聚合物热压成单孔型过滤元件,再涂以特殊材料而成的滤料。波浪形塑烧板是几种高分子化合物粉体经过铸型、烧结形成一个多孔母体,然后对母体表面进行特殊处理,在其表面形成一层微孔氟化物树脂。塑烧板具有除尘效率高、阻力稳定和寿命长等特点。
- (4) 多孔陶瓷滤料
 多孔陶瓷滤料是以耐火材料为集料,配以黏合剂等经过高温烧结而制成的过滤材料,其内部结构具有大量贯通的可控孔径的细微气孔。陶瓷滤料具有耐高温、

耐高压、耐酸碱腐蚀等特点，此外还具有孔径均匀、透气性好的优点，因此可广泛用作过滤、分离、布气和消声的材料。但陶瓷滤料性脆易碎，容易产生应力，不适用于气体温度骤冷骤热的场合。

(5) 纸质滤料 利用湿式造纸法制成薄型滤料，这种滤料便于折叠制成褶皱式滤筒和高效过滤器，可显著增加过滤面积，从而减少除尘器的占地面积和空间。

(6) 复合滤料 用两种以上的方法制成或由两种以上材料复合而成的滤料被称为复合滤料。复合滤料的加工主要有用黏结剂黏合、热压黏合等方法。覆膜滤料是用聚四氟乙烯微孔过滤膜与不同的基材复合而成的过滤材料，覆膜滤料的表面层很薄，光滑，多微孔；有极佳的化学稳定性，质地柔韧，孔径小，孔隙率高，抗腐蚀，耐酸碱，不易老化；摩擦系数极低，憎水，使用温度范围宽（ $-180\sim 260^{\circ}\text{C}$ ）。制造覆膜滤料的基材多达数十种，其中有十几种纤维或组织结构都是现有的常规织物滤料，如聚酯针刺毡、玻纤布、玻纤针刺毡等。选用不同性能的纤维，根据所处理气体的不同温度和化学环境织造出许多性能优良的滤料。

二、滤料的过滤机理

滤料的过滤机理可归纳为 5 种基本过滤机理，即表面粗滤、深度粗滤、深层过滤、滤饼过滤和有毒有害气体净化过滤。

1. 表面粗滤

颗粒大于滤孔，不能通过。比孔径小的颗粒通过滤料，不予分离。该类分离一般与非织造布料无关，但是与孔口均匀一致的滤料有关。例如孔径均匀的织造网眼织物、筛网和薄膜材料。

2. 深度粗滤

适用于孔径比颗粒大得多以及孔径在长度上变动很大的毛毡和非织造材料，指颗粒物进入过滤介质的深部，依靠深部流道尺寸小于颗粒物尺寸来截留颗粒物。

3. 深层过滤

深层过滤有别于深度粗滤。它包括从流体中清除颗粒物的机理，即使颗粒物可能小于滤孔结构的某点直径。

大部分非织造滤料的相关理论都基于深层过滤效应。它比简单的筛选或筛分（例如颗粒物比滤料的孔径大而不能通过）要复杂得多。对于颗粒物捕集而言，深层过滤和分离理论比其他机理具有更大的关联性。这时发生惯性效应、拦截效应、扩散效应、静电效应、重力效应，从而捕集尘粒，如图 1-1 所示。

(1) 惯性效应 当尘粒沿流线运动接近纤维体时，气体绕流，而较大质量的尘粒受惯性力作用偏离流线，切向运动，与纤维碰撞而被截留。

(2) 拦截效应 当尘粒沿流线运动接近纤维体时，大多数细小的尘粒随气流绕流，只有半径大于或者等于尘粒中心至纤维边缘之间距离的尘粒，被纤维拦截钩附。

(3) 扩散效应 粒径 $\leq 0.1\mu\text{m}$ 的微粒在流体分子热运动的作用下产生不规则的布朗扩散，脱离流线，被纤维捕集。对于粒径为 $0.1\mu\text{m}$ 的微粒，在常温下每秒扩散距离可达

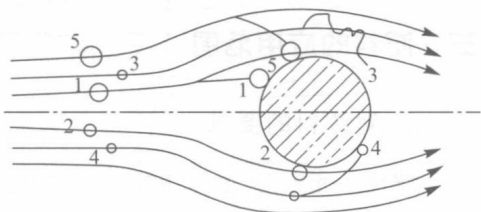


图 1-1 纤维体捕集粉尘机理

1—惯性效应；2—拦截效应；3—扩散效应；

4—静电效应；5—重力效应

17 μm 。粒径越小、含尘气体温度越高，扩散效应越明显。

(4) 静电效应 因受摩擦感应或外加电场的作用，使尘粒或纤维带荷电，当两者电荷极性相反时，在库仑力的作用下尘粒被纤维吸引而捕集。

(5) 重力效应 当尘粒粒径较大、质量较重，而气流速度较小时，尘粒在重力作用下脱离运动轨迹，沉降纤维表面而被捕集。

对粒径大于 1.0 μm 的尘粒，以惯性碰撞效应、重力效应和拦截效应为主；对粒径小于 0.2 μm 的尘粒，以扩散效应和静电效应为主。当流速大于 15cm/s 时，惯性碰撞作用加强；当流速小于 5cm/s 时，重力效应、拦截效应、扩散效应明显。

4. 滤饼过滤

尘层滤饼（或表面）过滤是指粒子在滤料表面（或表面附近）被捕集并积累成一层滤饼参加过滤。

尘层滤饼过滤除了共有的惯性、拦截、扩散、静电等常规效应外，筛分效应起重要作用。

滤料间的空隙或滤料上粉尘间的空隙较尘粒小时有利于筛分阻留，即为筛分效应。很显然，尘粒越大，纤维空隙越小，被筛分的概率就越大。一般情况下新的洁净滤布的筛分作用并不强。当粉尘在滤布表面大量沉积形成粉尘层时，筛分作用大大加强，分离和捕集粉尘的效率提高。尘层滤饼过滤用于袋式除尘系统的表面改性针刺毡和其他滤料，这样一来，脉动或反向流动的清洁作业可以容易地用于去除滤饼，重复利用滤料。这在一些化工作业中是非常重要的，因为滤饼有其本身价值，它的回收正是过滤的期望目的之一。在许多作业中，尘层滤饼成为过滤介质，滤料成为支撑材料。

5. 有毒有害气体净化过滤

有毒有害气体是一种气态分子微粒，它与空气一样，可以穿透滤料。但对常规滤料纤维层进行特殊处理后，同样可以予以分离捕集净化。纳米 TiO_2 光催化材料是目前最具发展前景的气体净化助剂，它以常规滤料为载体，溶入纤维层，在光和溶解氧的作用下，激发一种高能粒子，有效地将废气中的 NH_3 、 NO_x 、 SO_2 及 VOCs（挥发性有机化合物）等有害气体降解为无害的 CO_2 、 H_2O 和相应的无机离子，并被纤维层过滤而得以净化。

三、滤料的应用范围

1. 对滤料的要求

滤料一般应满足以下要求：①结构合理，纤维质地均匀致密，过滤性能好，要有较高的过滤捕尘效率；②透气性能好，阻力低；③容尘量大，降低阻力及延长积尘的清除周期；④剥离性好，易清灰，不易结垢；⑤具有较高的机械强度，尺寸稳定性好，不易变形，耐摩擦；⑥原料来源广泛，性能稳定可靠；⑦价格低，寿命长；⑧防火、导电性好，由不燃型或阻燃型纤维组成，必要时嵌入导电纤维，消除静电，确保安全。

2. 滤料应用范围

滤料应用十分广泛，凡是人类活动引起的粉尘来源的场合和工业生产、交通运输、商业活动、日常生活等几乎都有滤料的应用。滤料的典型应用领域和场合见表 1-2 和表 1-3。

表 1-2 排气滤料性能与应用领域

滤料品名	连续使用温度/℃	瞬间使用温度/℃	化学性能				适用工况	应用领域
			耐酸性	耐碱性	抗氧化性	抗水解性		
丙纶	90	110	★★★★	★★★★	○	★★★★	适合在湿度较大工况下使用	化工、煤粉、面粉、医药、食品工业等
涤纶	130	150	★★★★	○	★★	○	应用范围广,在中常温条件下使用时,寿命受含水量影响较大	矿山、建材、钢铁、有色金属、化工、煤磨、沥青、木材、粮食加工等
亚克力	125	150	★★★★	★★	★★	★★	耐酸碱性能优异,适合温度较低、化学成分复杂的工况	钢铁、水泥、化工、铸造、冶金、食品加工等
PPS	160	190	★★★★	★★★★	○	★★	抗酸碱能力较强,抗氧化性能力较差,在燃煤锅炉中大量应用	电力、化工、垃圾焚烧、金属熔炼等
Kermel	200	240	★★	★	★★	★★	适合在酸性和含氧量较高的工况下使用,具有优异的耐磨性能	铸铁、矿产、化学、沥青、垃圾焚烧等
芳纶	204	240	★	★	★★	★	具有优异的耐磨耐折性能,适用范围广	冶炼、水泥、沥青搅拌、陶瓷、焙烧、熔炼、玻璃等
P84	220	260	★★★★	★	★★	★★	适合在较高温度下使用,具有独特的截面形状,过滤效率高	化工、垃圾焚烧、电力、焦化、水泥、燃煤锅炉等
PTFE	260	280	★★★★	★★★★	★★★★	★★★★	具有优异的抗化学腐蚀性能,适合在化学成分复杂、温度较高工况下使用	化工、垃圾焚烧、水泥、燃煤锅炉、高腐蚀性行业等
玻纤(玻璃纤维)	260	300	★★	★★	★★★★	★★★★	适合在温度较高工况下使用,耐酸碱性能较好,但氢氟酸对材料影响较大,耐折性能较差	水泥、金属熔炼、铁合金、化工、有色金属、工业锅炉等

注：1. 本表数据是在试验条件下测定所得。由于实际应用中工况条件不尽相同，故上述数据仅供参考。
2. ★★★★★表示优，★★表示良，★表示一般，○表示较差。

表 1-3 进气滤料典型应用场合

应用场合	滤料效率	过滤器(滤芯)	滤料要求	备注
10 万级和 1 万级洁净室	HEPA	有隔板或无隔板高效板框滤	百分百检测阻燃材料, 长寿	滤料效率代号见第八章第一节
100 级洁净室	HEPA 或 ULPA	有隔板或无隔板高效或超高效过滤器	百分百检测	
电子芯片工房	HEPA	有隔板或无隔板高效过滤器	进风高速, 长寿	
10 级和 1 级芯片洁净室	ULPA	无隔板超高效过滤器	匀速、高速进风, 长寿	

续表

应用场合	滤料效率	过滤器(滤芯)	滤料要求	备注
一般洁净室	F8、F9、H10	有隔板或无隔板袋式框滤	长寿,无异味	滤料效率代号 见第八章第一节
高级烤漆车间	M6、F7	袋式框滤	无纤维脱落,阻燃	
化纤车间	F8	袋式滤、筒滤	无纤维脱落	
30万级制药车间	F8、F9、H10、H11	袋式框滤、无隔板或有隔板框滤	无纤维,无浮尘,灭菌,无有机物	
纺线车间	G4、M5、M6	袋式滤、筒状滤芯	高风速	
乳品车间	M6、F7	袋式滤、卷帘滤	无活菌	
卷烟厂烘烤车间	F8、F9	袋式滤、筒式滤	阻燃,除味	
净化工作台吹淋室	HEPA	无隔板或有隔板框滤	多方位吹风	
居民住宅空调	G3、G4	板框滤	与房间装修协调一致,无异味	
防护面罩	HEPA	无隔板框滤、褶皱管状滤	无毒,防哈气(防湿)	
挖掘机驾驶舱 (建筑工程机械驾驶舱)	G3、G4、M5	平板框滤	耐振,防水	
高级轿车、飞机驾驶舱	F8、F9、H10	无隔板或有隔板袋式滤、筒式滤	阻燃,无异味	
空气净化器	HEPA	办公、居室、车用、商用等,形式不同	防PM _{2.5} ,防异味,防菌	
口罩	HEPA	轻、薄型	防雾霾	

3. 滤料发展趋势

随着滤料应用领域的不断扩大,有过滤料除尘方式逐步取代其他除尘方式的发展趋势。除尘用滤料的广泛应用,除了日益提高的环保和人类健康要求外,与滤料技术的发展密不可分。目前除尘滤料的发展有以下几个趋势:①排气滤料用合成纤维材质的品种、规格、功能不断扩大,加工工艺更加先进合理,已显示了逐步取代玻纤材质的发展趋势;②针刺毡滤料综合性能优于纺织品滤料,已显示了逐步取代纺织品滤料的发展趋势;③多种材质混合滤料不断被开发,不同纤维混合,扬长避短,优势互补,使滤料的综合性能得到提高;④梯度结构滤料以及覆膜滤料层出不穷,滤料的过滤性能由深层过滤进化为表面过滤,为高效净化以及PM₁₀甚至PM_{2.5}的呼吸性微尘控制提供了技术支持;⑤耐高温、耐腐蚀、消静电、拒油水、耐水解、抗氧化等功能性滤料的不断开发和技术的日臻成熟,使应用领域更加广阔;⑥随着催化剂涂层、纳米材料以及光催化剂等新材料的出现以及应用光催化剂等新技术的开发,使得滤料具有除尘和废气净化的双重功能,滤料净化的应用范围正向着净化有毒有害废气的领域延伸;⑦滤料的应用范围开始向生产和人们生活的方方面面扩展,成为生产发展和生活质量提高的必需品。

排气滤料篇

滤料纤维

排气滤料的主要原料是纤维，纤维的类型和性能决定滤料的性能。滤料纤维的主要性能包括纤维长度、细度、断裂强度、断裂伸长、初始模量、回弹率、吸湿性、耐热性、阻燃性、水解性和氧化性等。本章介绍各种滤料纤维的主要特点与性能。

第一节 纤维分类和性能

一、滤料纤维分类

滤料纤维分类如图 2-1 所示。

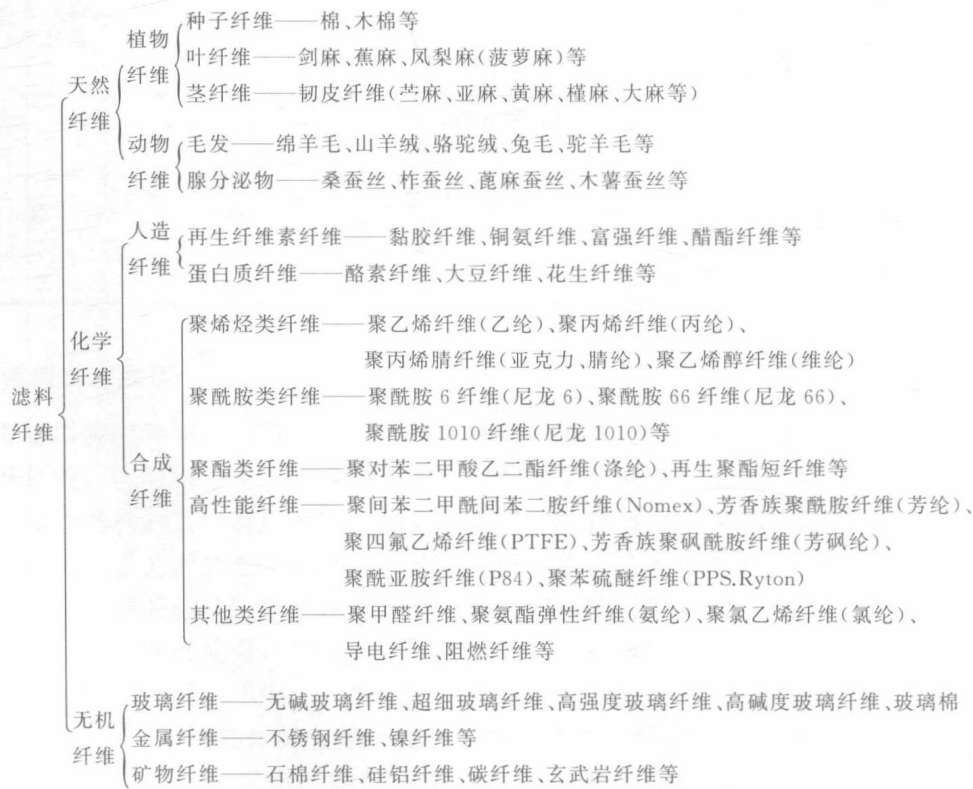


图 2-1 滤料纤维分类

二、对滤料用纤维的基本要求

对于生产制造滤料的纤维而言，基本要求如下：①耐温性能好，纤维开始软化、蠕变

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com