

ICS 13.040.01

C 419

团 体 标 准

T/GACT XXXXX—XXXX

空气过滤材料 过滤性能试验方法

Test method for filtration performance of air filter materials

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

广东省洁净技术行业协会

发布

目录

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 试验工况.....	2
5 取样.....	2
6 试验方法.....	2
7 结果表示.....	3
8 报告.....	3
附录 A.....	4
附录 B.....	5

前言

本标准按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规则起草。

本文件由广东省洁净技术行业协会提出。

本文件由广东省洁净技术行业协会标准化工作委员会归口。

本文件主要起草单位：

本标准参与编制单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

空气过滤材料 过滤性能试验方法

1 范围

本文件规定了纺织品过滤材料对固体、液体颗粒物的过滤效率、过滤阻力、容尘量以及最易穿透粒径、最易穿透粒径对应过滤效率的测试方法。

本文件适用于测试纺织品过滤材料对粒径范围为0.04-0.8 μm 颗粒的过滤性能。方法A适用于各类纺织品过滤材料。方法B适用于采用方法A测试结果过滤效率大于99%的高效过滤材料。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 2626-2019 呼吸防护 自吸过滤式防颗粒物呼吸器

GB 19083-2010 医用防护口罩技术要求

3 术语和定义

3.1 颗粒 particle

悬浮在空气中的固态、液态或固态与液态混合的颗粒状物质，如微生物、粉尘、烟和雾等。

3.2 粒径 particle size

用某种方法测量得到的粒子名义直径。

3.3 计数中值直径 count median diameter

气溶胶粒径累计分布占总量 50%时所对应的粒径值。

3.4 过滤效率 filter efficiency

在规定条件下，过滤材料对空气中的颗粒物滤除的百分数。

3.5 过滤阻力 filter resistance

在规定的条件下，过滤材料对气流的阻力，即滤料前后的静压差，压强单位。

3.6 容尘量 loading capacity

过滤材料达到指定阻力时，单位面积积存的颗粒物质量。

3.7 空气动力学质量中值直径 median mass diameter

气溶胶中小于某一空气动力学直径的颗粒质量，占全部颗粒总质量50%时所对应的粒径值。

3.8 单分散气溶胶 monodisperse aerosol

由大小和性质相同的分散相粒子组成的气溶胶。

T/XXXX XXX—XXXX

3.9 最易穿透粒径 most penetration particle size

气溶胶穿过滤材料，过滤材料出现最低过滤效率时所对应的的粒径值。

3.10 过滤材料 filter material

使气流通过，同时截留气流中所含固体颗粒，以达到气固分离目的的多孔材料。

4 试验工况

试样应在温度为 $25 \pm 5^\circ\text{C}$ 和相对湿度为 $60 \pm 10\%$ 的环境下调节不少于4小时，试验设备应在启动至少30min后再进行测试，试验应在温度为 $25 \pm 5^\circ\text{C}$ 和相对湿度为 $60 \pm 10\%$ 的环境下进行。

5 取样

取不少于5个试样进行测试，每个试样面积尺寸为 $15\text{cm} \times 15\text{cm}$ ，确保所有的试样没有明显的缺陷和褶皱。

6 试验方法

6.1 方法A

6.1.1 检测设备

6.1.1.1 NaCl颗粒物过滤效率检测系统

主要技术参数如下：

- a) NaCl颗粒物的浓度为不超过 $200\text{mg}/\text{m}^3$ ，计数中值直径（CMD）为 $(0.075 \pm 0.020) \mu\text{m}$ ，粒度分布的几何标准偏差不大于1.86（相当于空气动力学质量中值直径（MMAD） $0.26\mu\text{m} \pm 0.06\mu\text{m}$ ）；
- b) 颗粒物检测器的动态范围为 $0.001\text{mg}/\text{m}^3 \sim 200\text{mg}/\text{m}^3$ ，精度为1%或 $0.001\text{mg}/\text{m}^3$ ；
- c) 检测流量的范围为 $30\text{L}/\text{min} \sim 100\text{L}/\text{min}$ ，精度为2%；
- d) 过滤效率检测范围为 $0 \sim 99.999\%$ ，分辨率应至少0.003%；
- e) 应具有能将所发生颗粒物的荷电进行中和的装置。

6.1.1.2 油性颗粒物过滤效率检测系统

主要技术参数如下：

- a) DOP或其他适用油类（如石蜡油）颗粒物的浓度为 $50\text{mg}/\text{m}^3 \sim 200\text{mg}/\text{m}^3$ ，计数中值直径（CMD）为 $(0.185 \pm 0.020) \mu\text{m}$ ，粒度分布的几何标准偏差不大于1.60（相当于空气动力学质量中值直径（MMAD） $0.33\mu\text{m} \pm 0.06\mu\text{m}$ ）；
- b) 颗粒物检测器的动态范围为 $0.001\text{mg}/\text{m}^3 \sim 200 \text{mg}/\text{m}^3$ ，精度为1%或 $0.001\text{mg}/\text{m}^3$ ；
- c) 检测流量的范围为 $30\text{L}/\text{min} \sim 100 \text{L}/\text{min}$ ，精度为2%；
- d) 过滤效率检测范围为 $0 \sim 99.999\%$ ，分辨率至少0.003%。

6.1.2 检测程序

6.1.2.1 首先将过滤效率检测系统调整到检测状态。

6.1.2.2 按产品要求设定空气流量，不超过 $100\text{L}/\text{min}$ ，试样安装并密封在过滤夹具中避免产生泄露。开始测试，测试完成后仪器自动停止，显示并打印过滤效率及过滤阻力结果。重复操作直至测试完所有的试样。

6.1.2.3 如需要，继续测定每个试样的容尘量：称量6.1.2.2中测试完毕的试样质量，然后在相同测试条件下进行加载测试，直至试样的过滤阻力上升为初始过滤阻力的两倍，再次称量试样质量，得到试样整个加载测试过程中的质量增加量，即为容尘量。

6.2 方法B

6.2.1 检测设备

- a) 试验使用单分散气溶胶，通过凝结核计数器以全计数的方式进行测量气溶胶粒子浓

度。该试验设备的配置如附录 A 所示，空气动力学质量中值直径 0.04 μm 至 0.8 μm 粒子浓度在 10^2 个/cc~ 10^7 个/cc 范围内，几何标准偏差不大于 1.30。

单分散气溶胶通过若干步骤产生：首先使用喷射式雾化器与溶剂，例如 DOP/异丙酮溶剂产生多分散气溶胶。通过蒸发溶剂，减小粒子尺寸至适当大小，以进行下一步处理。然后气溶胶将被中和并通过一个微分迁移分析仪。从微分迁移分析仪输出的准单分散气溶胶将再次被中和，接着与试验气流均匀混合，以达到所需的气体流量。通过调整微分迁移分析仪电极的电压可改变平均粒径的数量分布。

为了得到足够高的从 0.04 μm 至 0.8 μm 范围的粒子浓度，需要配备几个喷射式雾化器和不同的气溶胶溶剂。粒子浓度的过高可通过在样品夹持部分之前稀释试验气溶胶溶剂进行调整。

位于下游的泵抽取气溶胶穿透样品，使用 2 个凝结核计数器平行地测量样品上游和下游的粒子数。如果上游的粒子浓度超出了计数器的量程，则应在取样点和计数器之间执行稀释程序。

b) 检测流量的范围为 30L/min~100 L/min,精度为 2%。

6.2.2 检测程序

6.2.2.1 首先将检测设备调整到检测状态。

6.2.2.2 按产品要求设定空气流量，不超过 100L/min，试样安装并密封在过滤夹具中避免产生泄露。开始测试，每个试样至少要测量 6 个粒径范围内的近似等距插值点。测试完成后仪器自动停止，显示并打印分级过滤效率及过滤阻力结果。重复操作直至测试完所有的试样。

6.2.2.3 如需要，计算分级过滤效率对应的 95%置信区间下限的平均过滤效率，绘制过滤效率-粒径曲线，计算最易穿透粒径（MPPS）和最易穿透粒径对应的过滤效率。（计算可参见附录 B）

7 结果表示

7.1 方法A:记录各试样过滤效率、过滤阻力及容尘量的单值，计算其平均值。如需要，可计算变异系数。

7.2 方法B:记录各试样的分级过滤效率和过滤阻力单值，计算其平均值。绘制过滤效率-粒径曲线，计算最易穿透粒径（MPPS）和最易穿透粒径对应的过滤效率。如需要，可计算变异系数。

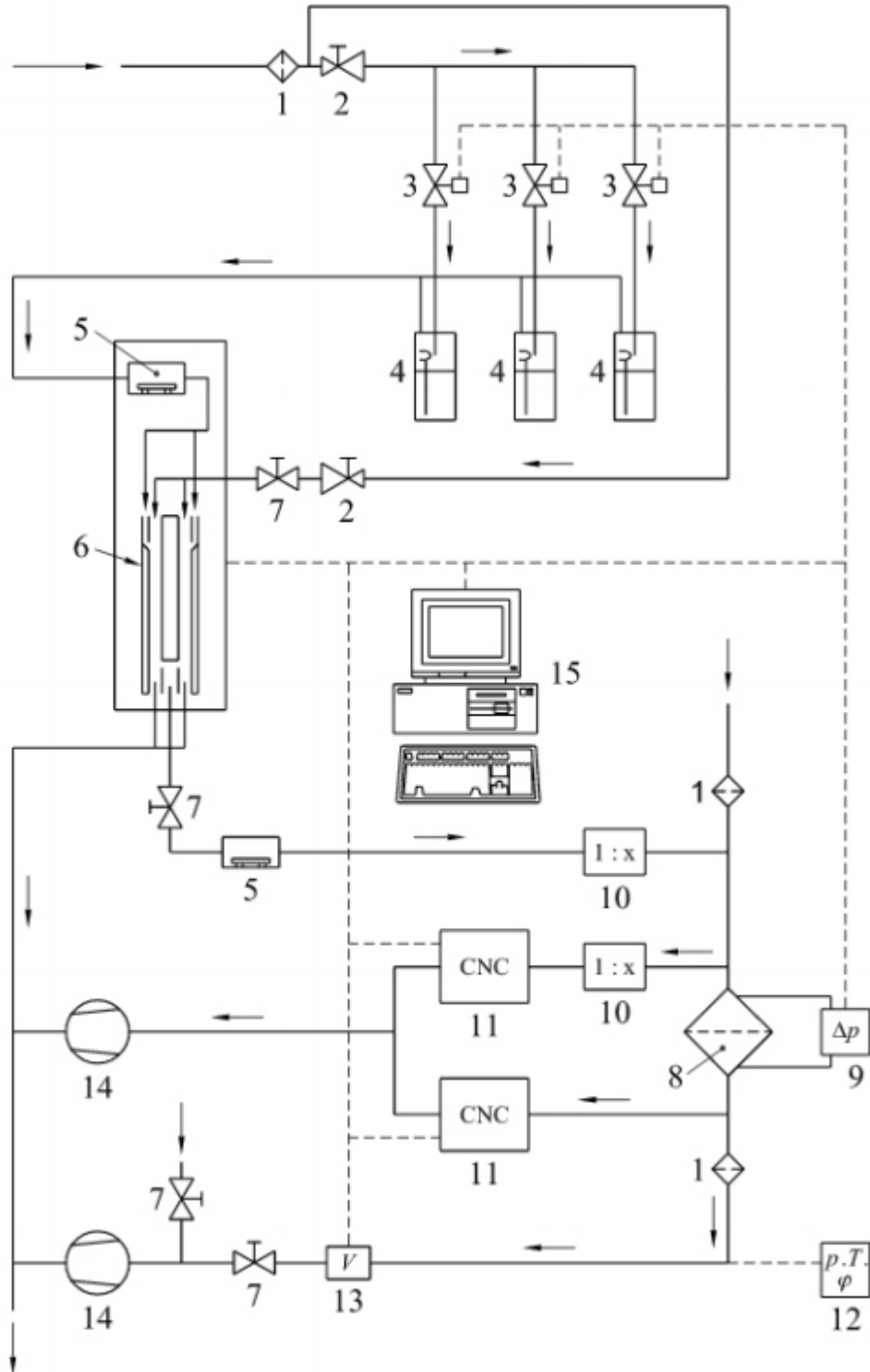
8 报告

试验报告应包含以下内容：

- a) 采用的测试方法(方法A或B)；
- b) 样品的描述；
- c) 测试仪器的名称及型号；
- d) 记录调湿环境及时间；
- e) 实验室测试环境条件；
- f) 测试空气流量；
- g) 试样试验面积；
- h) 方法A:试样的过滤效率、过滤阻力的平均值，容尘量平均值(如需要)；
方法B:试样的分级过滤效率和过滤阻力平均值、最易穿透粒径（如需要）、最易穿透粒径对应的过滤效率（如需要）、过滤效率-粒径曲线（如需要）。
- i) 任何偏离本部分的细节；
- j) 实验日期

附录 A

单分散气溶胶测试的组装



- 1 过滤器
- 2 压力阀

- 3 电磁阀
- 4 喷射式雾化器
- 5 中和器
- 6 微分迁移分析仪
- 7 针型阀
- 8 过滤器的夹持部分
- 9 压差表
- 10 稀释系统
- 11 凝结核计数器
- 12 绝对压力，温度和相对湿度的测量装置
- 13 气体流量计
- 14 真空泵
- 15 控制和数据存储的计算机

附录 B

计算示例

B.1 符号术语

表 B.1 符号术语和计算

术语	符号	单位	计算公式
测量的变量			
平均粒子直径	\bar{d}_p	um	
粒子数	N	-	
取样气体流速	\dot{V}_s	cm ³ /s	
取样周期	t	s	
计算量			
粒子浓度	c_N	cm ⁻³	$c_N = \frac{N}{V_s \cdot t}$
i 尺寸范围的粒子浓度	P_i	a	$P_i = \frac{c_{N,d,i}}{c_{N,u,i}} \cdot b$
平均穿透效率	\bar{p}	a	$\bar{p} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i$

平均过滤效率	\bar{E}	a	$\bar{E} = 1 - \bar{P}$
穿透效率 95% 置信区间的上限	$P_{95\%}$	a	$P_{95\%,i} = \frac{c_{N,d,95\%,i}}{c_{N,u,95\%,i}}$ b
平均穿透效率 95% 置信区间的上限	$\bar{P}_{95\%}$	a	$\bar{P}_{95\%} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_{95\%,i}$
平均过滤效率 95% 置信区间的下限	$\bar{E}_{95\%}$	a	$\bar{E}_{95\%} = 1 - \bar{P}_{95\%}$
<p>a 这些量通常以百分率来表示。</p> <p>b 指数“u”表示上游粒子计数，指数“d”表示下游粒子计数。</p>			

B.2 粒子计数

使用单分散气溶胶进行试验,测定用于绘制过滤效率曲线的6个或更多插值点的各个平均直径 \tilde{d}_p 所对应的上游和下游粒子浓度,计算穿透效率。

表 B.2 测量结果和粒子计数的计算值

\tilde{d}_p	0,080 μm	0,100 μm	0,125 μm	0,160 μm	0,200 μm	0,250 μm
$c_{N,u,1}$	$2,21 \times 10^6 \text{ cm}^{-3}$	$1,46 \times 10^6 \text{ cm}^{-3}$	$8,72 \times 10^5 \text{ cm}^{-3}$	$4,96 \times 10^5 \text{ cm}^{-3}$	$3,21 \times 10^5 \text{ cm}^{-3}$	$2,02 \times 10^5 \text{ cm}^{-3}$
$c_{N,d,1}$	$3,74 \times 10^1 \text{ cm}^{-3}$	$2,80 \times 10^1 \text{ cm}^{-3}$	$2,06 \times 10^1 \text{ cm}^{-3}$	$1,17 \times 10^1 \text{ cm}^{-3}$	$7,12 \times 10^0 \text{ cm}^{-3}$	$3,52 \times 10^0 \text{ cm}^{-3}$
$N_{d,1}$	3 000	2 228	1 653	951	568	264
P_1	0,001 69 %	0,001 92 %	0,002 36 %	0,002 37 %	0,002 22 %	0,001 74 %
<p>指数“u”引用自样品的上游侧。</p> <p>指数“d”引用自样品的下游侧。</p>						

B.3 平均过滤效率 \bar{E}

为了计算过滤效率曲线中每个插值点所对应的平均过滤效率 \bar{E} ,首先计算5个试样穿透效率单值 \bar{P}_i 的平均值 \bar{p} ,计算值和结果如表 B.3 所示。

表 B. 3—计算平均过滤效率

\tilde{d}_p	0,080 μm	0,100 μm	0,125 μm	0,160 μm	0,200 μm	0,250 μm
P_1	0,001 69 %	0,001 92 %	0,002 36 %	0,002 37 %	0,002 22 %	0,001 74 %
P_2	0,001 97 %	0,002 09 %	0,002 33 %	0,002 31 %	0,002 11 %	0,001 86 %
P_3	0,001 99 %	0,002 16 %	0,002 33 %	0,002 50 %	0,002 55 %	0,002 07 %
P_4	0,001 84 %	0,002 17 %	0,002 29 %	0,002 27 %	0,002 08 %	0,001 78 %
P_5	0,001 79 %	0,002 16 %	0,002 35 %	0,002 39 %	0,002 21 %	0,001 51 %
\bar{P}	0,001 86 %	0,002 10 %	0,002 33 %	0,002 37 %	0,002 23 %	0,001 79 %
\bar{E}	99,998 14 %	99,997 90 %	99,997 67 %	99,997 63 %	99,997 77 %	99,998 21 %

B. 4 作为 95%置信区间下限的平均效率 $\bar{E}_{95\%}$

根据每次测定的置信区间最不利极限值，作为 95%置信区间下限的平均过滤效率 $\bar{E}_{95\%}$ 。

用粒子数量的 95%置信区间的最不利值 $N_{d,95\%,i}$ 和相应的下游粒子浓度 $C_{N,d,95\%,i}$ 来计算穿透效率 $P_{95\%}$ 。

对于 5 个过滤介质试样的测试，首先测定平均穿透效率 $\bar{P}_{95\%}$ 作为 95%置信区间的上限值。而平均过滤

效率 $\bar{E}_{95\%}$ 则作为分级效率曲线上每个插值点的 95%置信区间的下限值。

表 4—计算 95%置信区间下限值的平均过滤效率

\tilde{d}_p	0,080 μm	0,100 μm	0,125 μm	0,160 μm	0,200 μm	0,250 μm
$N_{d,1}$ $N_{d,95\%,1}$	3 000 3 107	2 228 2 321	1 653 1 733	951 1 011	568 615	264 296
$P_{95\%,1}$	0,001 75 %	0,002 00 %	0,002 47 %	0,002 52 %	0,002 40 %	0,001 95 %
$N_{d,2}$ $N_{d,95\%,2}$	3 036 3 144	2 283 2 377	1 665 1 745	953 1 014	546 592	302 336
$P_{95\%,2}$	0,002 04 %	0,002 18 %	0,002 44 %	0,002 46 %	0,002 29 %	0,002 07 %
$N_{d,3}$ $N_{d,95\%,3}$	3 194 3 305	2 346 2 441	1 603 1 681	948 1 008	673 724	379 417
$P_{95\%,3}$	0,002 06 %	0,002 25 %	0,002 44 %	0,002 66 %	0,002 74 %	0,002 28 %
$N_{d,4}$ $N_{d,95\%,4}$	3 090 3 199	2 429 2 526	1 638 1 717	958 1 019	581 628	320 355
$P_{95\%,4}$	0,001 90 %	0,002 26 %	0,002 40 %	0,002 41 %	0,002 25 %	0,001 98 %
$N_{d,5}$ $N_{d,95\%,5}$	2 938 3 044	2 383 2 479	1 678 1 758	1 004 1 066	609 657	271 303
$P_{95\%,5}$	0,001 85 %	0,002 25 %	0,002 46 %	0,002 54 %	0,002 39 %	0,001 69 %
$\bar{P}_{95\%}$	0,001 92 %	0,002 19 %	0,002 44 %	0,002 52 %	0,002 41 %	0,001 99 %
$\bar{E}_{95\%}$	99,998 08 %	99,997 81 %	99,997 56 %	99,997 48 %	99,997 59 %	99,998 01 %

B. 5 过滤效率曲线的表示

对于每个已知平均粒径 \tilde{d}_p 的插值点，用过滤效率对粒径的曲线图像来表示平均过滤效率 \bar{E} 和平均过滤效率 $\bar{E}_{95\%}$ 。如例子中所示，下列的曲线最小值可以被测定。

—最易穿透粒径（MPPS）：0.16 μm ；

—该粒径对应的效率：99.9975%。

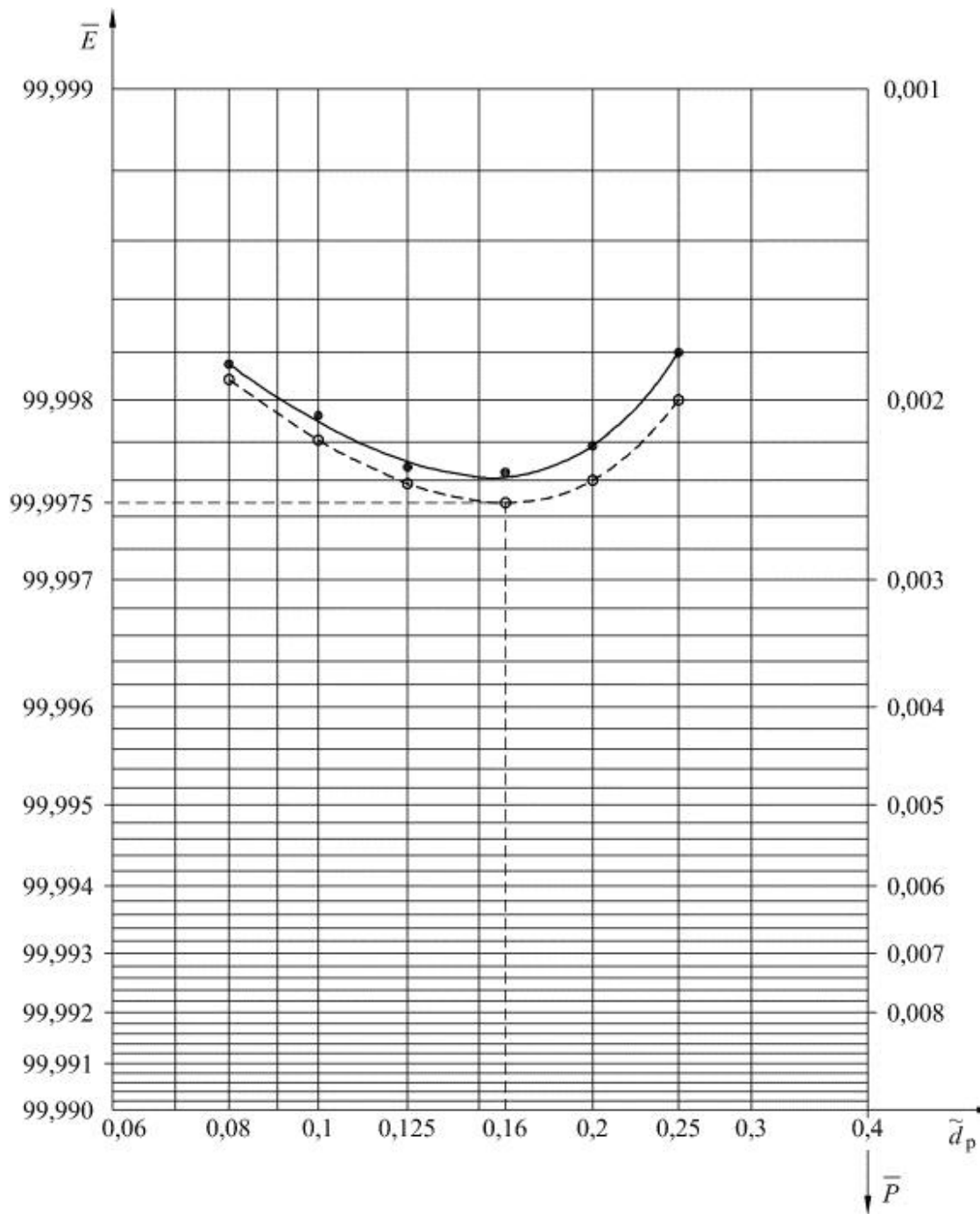


图 B.1 平均过滤效率 \bar{E} (—) 和平均过滤效率 $\bar{E}_{95\%}$ (- -) 对粒径 \tilde{d}_p 的函数