



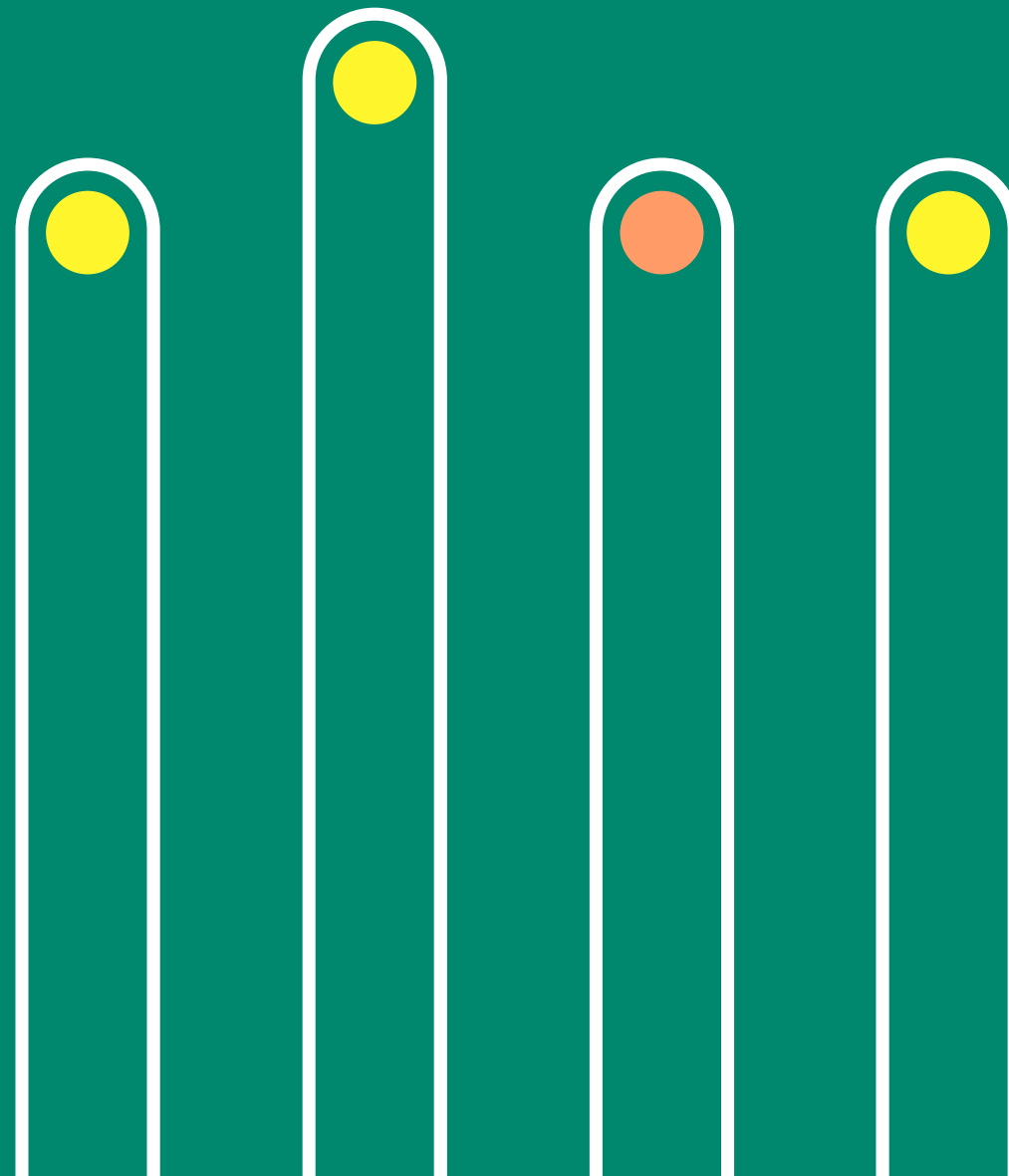
# Whatman 聚碳酸酯PC膜多元应用

刘昕倬

Whatman实验室过滤产品技术支持

M. 18019033772 (微信同)

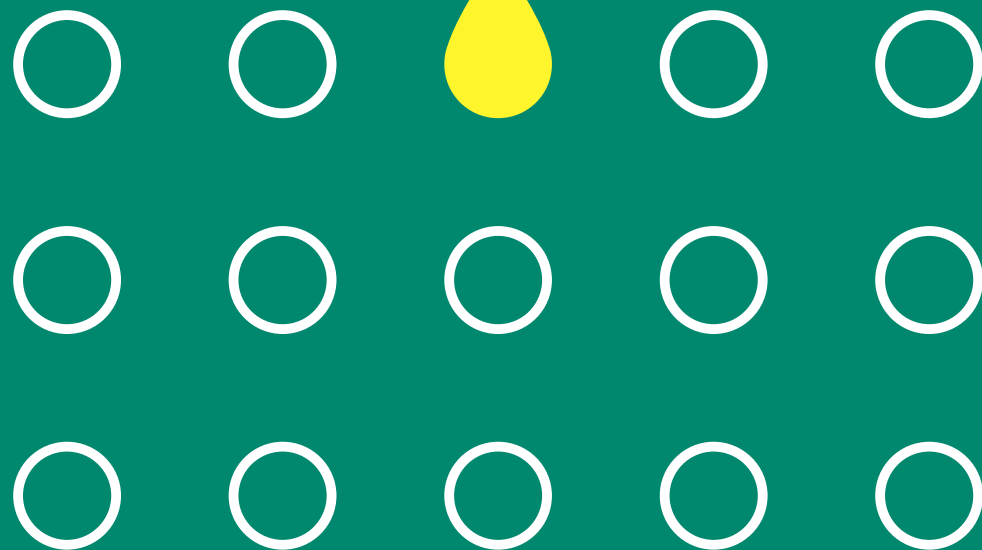
E. xinzhuo.liu@cytiva.com



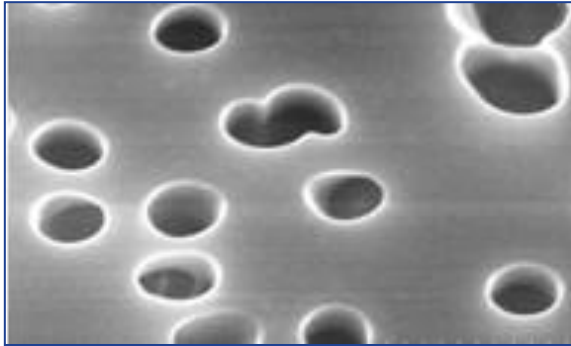
# 聚碳酸酯(PC)膜

——滤膜中的**战斗机**

- ✓ 产品介绍
- ✓ 多元应用

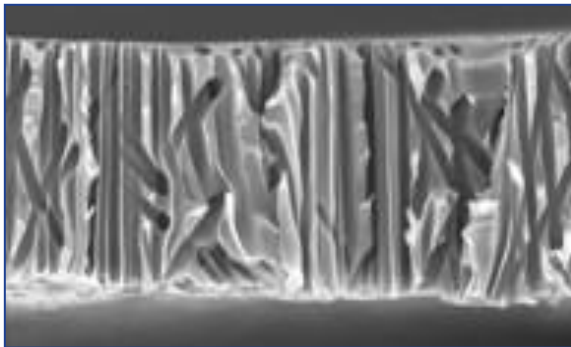


## 聚碳酸酯PC膜——径迹蚀刻膜(Track-etched membranes, TEMs)



Cyclopore™ 聚碳酸酯

透明膜, 黑膜, 薄透明膜



Nuclepore™ 聚碳酸酯膜

细胞培养膜, 黑膜, 亲水膜, 疏水膜 (无PVP)

真实孔径, 精确截留

光滑, 平整的表面  
显微镜和微生物学的理想选择

广泛的耐化学性

## 聚碳酸酯PC膜



黑色Cyclopore  
聚碳酸酯膜



黑色Nuclepore  
聚碳酸酯膜



亲水Nuclepore  
聚碳酸酯膜

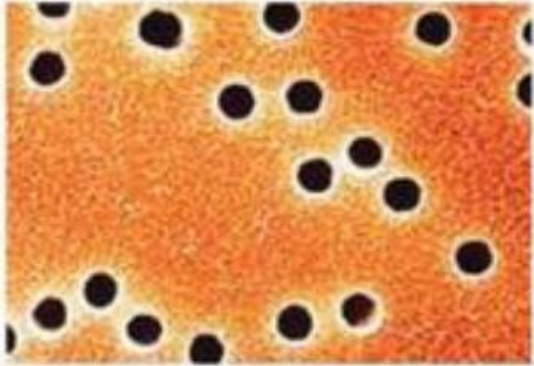


疏水 Nuclepore  
聚碳酸酯膜

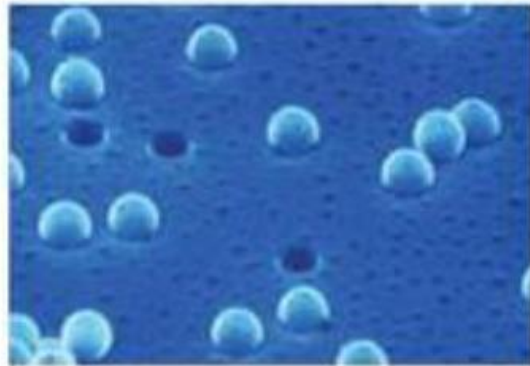
- 1、不粘附染色剂，光学反差大，有利于显微镜下观察
- 2、低蛋白吸附和低溶出
- 3、生物学惰性，化学稳定性和热稳定性高
- 4、表面光滑，洁净度高
- 5、低灰分和皮重

- 6、有黑膜、白膜及透明膜
- 7、孔径分布广：0.015um—12um
  - 小孔径：  
0.015/0.03/0.05/0.08/0.1/0.2/0.4/0.6/0.8um
  - 大孔径：  
1/2/3/5/8/10/12um

# 聚碳酸酯PC膜的多元应用



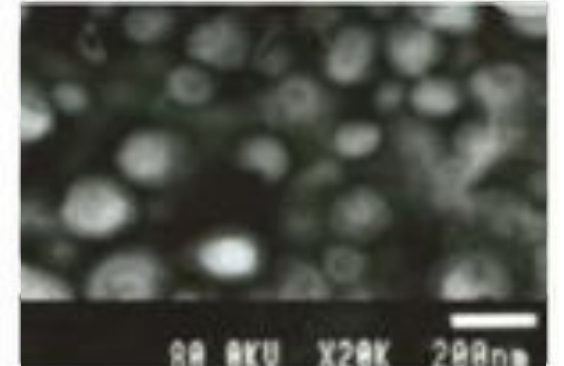
Nuclepore和Cyclopore微观形貌图片



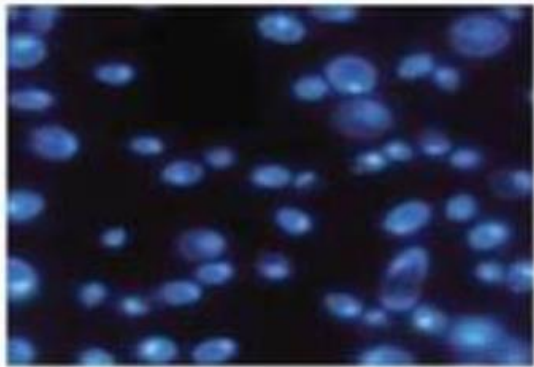
Cyclopore膜表面截留的乳胶微球



红血球通过孔径3µm Nuclepore膜



Nuclepore挤压制备盐酸洛拉曲克脂质体



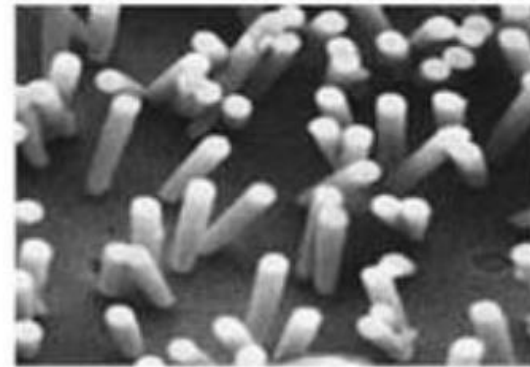
黑色Nuclepore膜DAPI染色酵母菌

直接计数

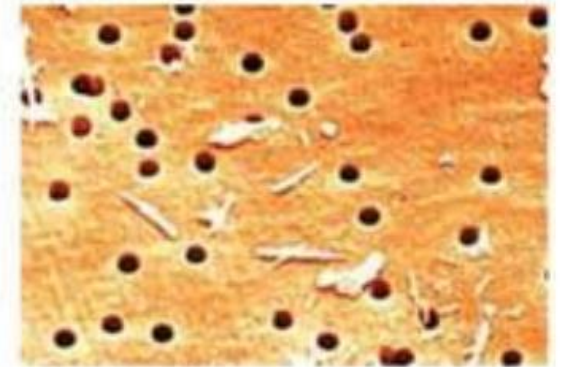
Cytiva



Nuclepore趋药性膜



Nuclepore制备的三维纳米棒



环境监测-径迹蚀刻膜上的石棉纤维的采样

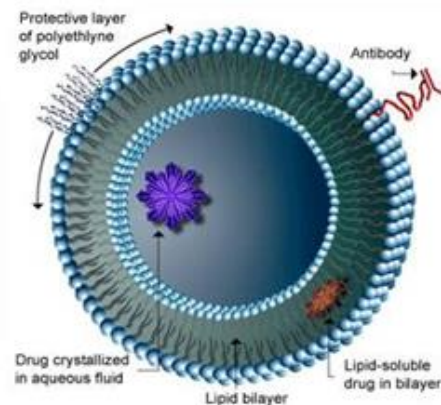
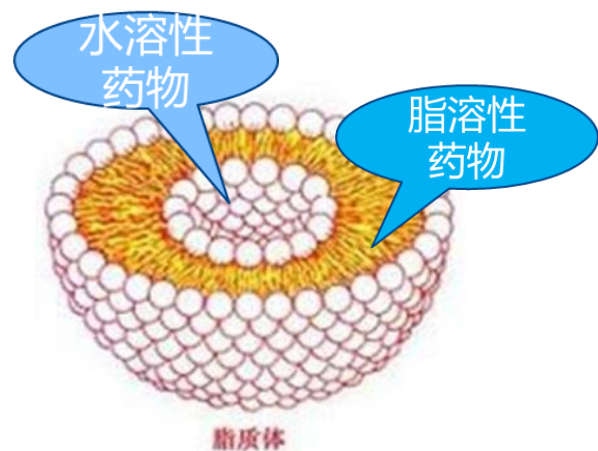


# 脂质体药物挤出

## 应用—脂质体药物挤出

### 脂质体 (Liposome)

- 类球状、以磷脂为壁材的一种人工合成膜
- 发展最迅速的剂型之一
- 应用：小分子化学药物及mRNA等核酸类药物



	商品名	通用名	厂家	适应症
国产	力朴素-2003	注射用紫杉醇脂质体	南京思科	卵巢癌、乳腺癌、非小细胞肺癌
	锋克松-2003	注射用两性霉素B脂质体	上海新先锋	深部真菌感染
	里葆多-2008	盐酸多柔比星脂质体注射液	上海复旦张江	卡波氏肉瘤、乳腺癌、卵巢癌、多发性骨髓瘤
	立幸-2012		常州金远	
	多美素-2011		石药集团中奇药业	
进口	维速达尔-2004	注射用维替泊芬脂质体	Novartis	老年性视网膜黄斑变性
	安浮特克-2000	注射用两性霉素B脂质体	Ben Venut Laboratories, Inc	系统真菌感染
	楷莱-2004 (2012年退市)	盐酸多柔比星脂质体注射液	Johnson Schering-Plough	同里葆多
	因福舒-2009	流感病毒亚单位疫苗 (类病毒体)	Berna Biotech AG (Crucell NV)	疫苗
	爱巴苏-2012	甲型肝炎灭活疫苗		

部分上市脂质体品种



## 应用—脂质体药物挤出

### 脂质体药物

- 关键质量属性和标准：脂质体的**平均粒径**和**粒度分布**  
——2018版《FDA脂质体技术指南》
- 控制粒径的主要方式：**超声波**、**剪切**、**均质**、**挤出**

### 脂质体挤出工艺

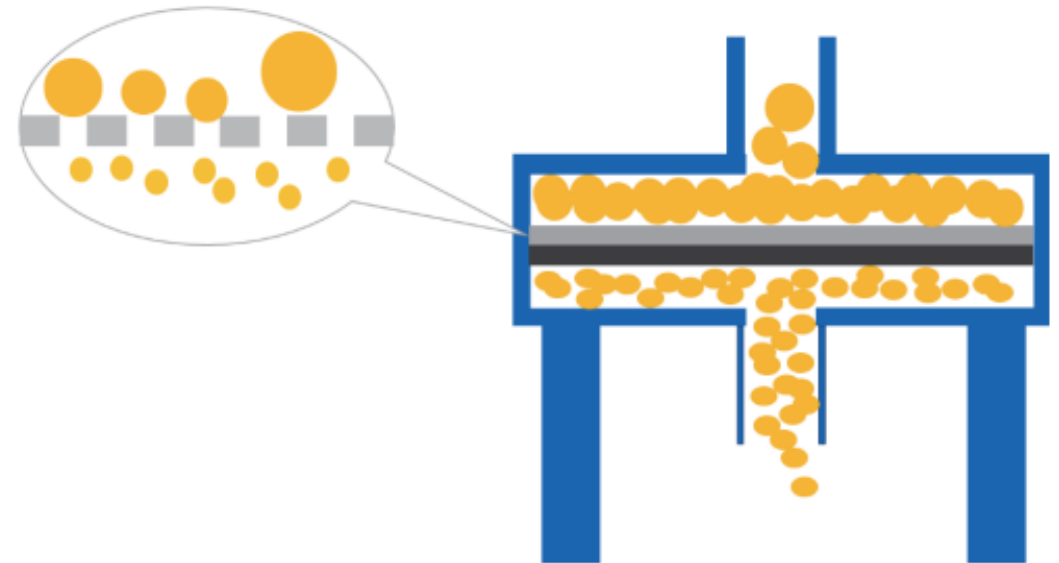
- 脂质体粒径分布窄 (PDI: 0.01~0.03)
- 可放大至生产规模
- 工艺可行性和重现性
- **粒子大小集中在 PC 膜孔径 $\pm 10\%$**



滤膜：直径？孔径？

### 挤出影响因素

- 温度：不超过80°C
- 压力：30~200bar
- 滤膜：**聚碳酸酯PC膜**



脂质体挤出过程



# 应用—脂质体药物挤出

## 滤膜直径选择

挤出器类型	应用场所	样品量	动力源	匹配PC膜直径/mm
微量手推式	实验室小试	0~1mL	手动	19
罐体式	实验室	1~1000mL	高压N <sub>2</sub>	25/47/90/142
气体增压式	实验室	1~100mL	N <sub>2</sub> 或压缩空气	25/47/90/142
连续型 (高压泵、挤出盘、阀门和管件)	放大生产	50mL~200L	高压泵	47/90/142/293



各式脂质体挤出器

## 应用—脂质体药物挤出

### 滤膜孔径选择

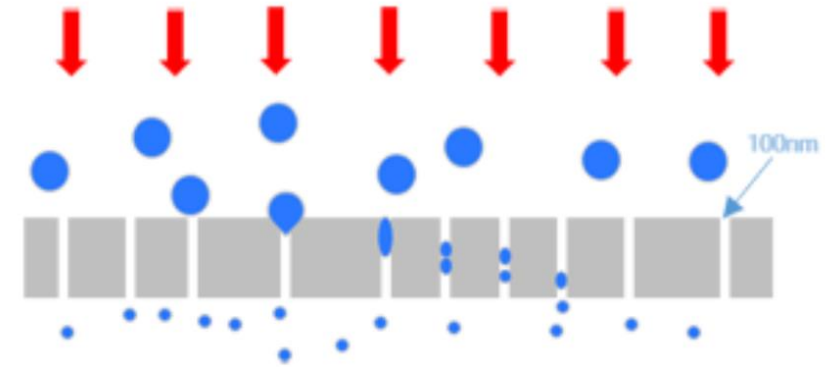
挤出原始粒径400nm，最终要求粒径为80nm，如何选择滤膜？

#### ➤ 单层膜梯度挤出

- 选择原则：达到粒径控制效果的前提下，简化滤膜种类
- 200nm → (100nm) → 80nm/50nm

#### ➤ 多层膜叠加挤出

- 选择原则：孔径从大至小
  - 优势：一种膜组合即可完成挤出，中途不需更换滤膜
  - 难点：膜组合方式多，需要结合脂质体类型进行优化验证
- |                    |              |
|--------------------|--------------|
| ✓ 400nm+100nm+80nm | ✓ 200nm+50nm |
| ✓ 200nm+100nm+50nm | ✓ 100nm+80nm |
| ✓ 200nm+80nm       | ✓ 100nm+50nm |



挤出过程采用**单层或多层PC膜**  
(孔径从大到小) + **PE聚酯衬膜** +  
**粉末烧结板**(如SS316L)叠加的形式

# 应用—脂质体药物挤出

## Whatman常用滤膜推荐



PE聚酯纤维衬膜

货号	描述
231100	PE DRAIN DISC 47MM 100/PK
232100	PE DRAIN DISC 90mm dia 100/PK
232310	PE DRAIN DISC 142MM 100/PK
232300	293mm POLYESTER DRAIN DISC 25/PK



聚碳酸酯滤膜

Whatman PC膜	19mm	25mm	47mm	90mm	142mm	293mm
0.05μm	800308	110603	111103	111703	111721	112803
0.08μm	/	110604	111104	800987	112104	112804
0.1μm	800309	110605	111105	111705	112105	112805
0.2μm	10417004	10417006	10417012	10417018	10417031	10417051
0.4μm	10417104	10417106	10417112	10417118	10417131	10417139
0.8μm	10417304	10417306	10417312	/	10417331	/

常用孔径

生产规模



# 医疗健康

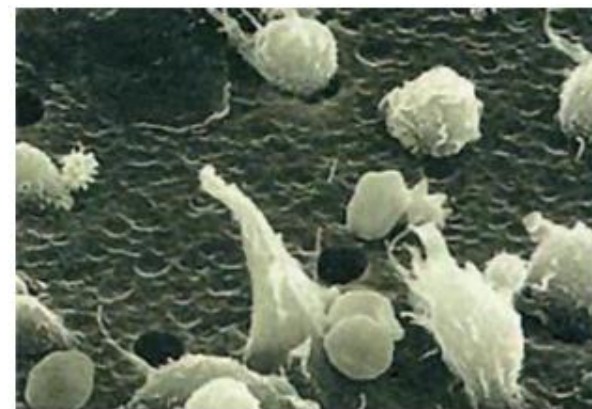
## 应用—医疗健康

### 细胞生物学

Transwell plate, 细胞培养、趋药性、细胞学分析（直接染色、同位素标记、基于荧光的分析）

### 优势

- 可灭菌（ $< 140^{\circ}\text{C}$ ）
- 生物学惰性
- 非特异性蛋白吸附水平低
- 圆柱孔有利于细胞快速迁移
- 不粘附染色剂，光学反差大，利于镜检



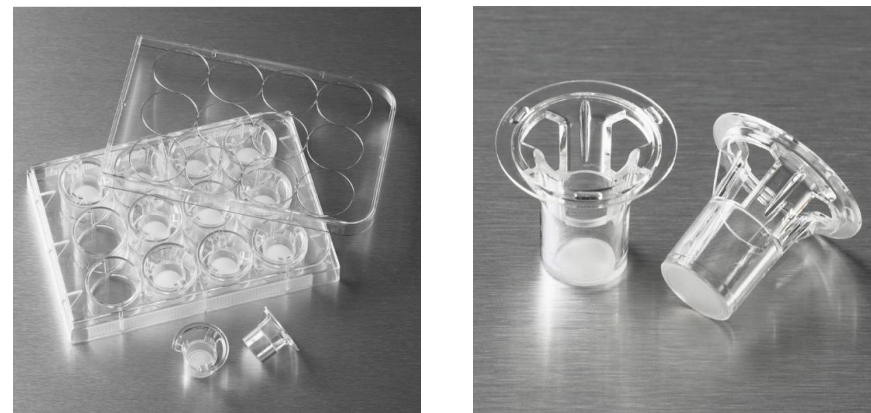
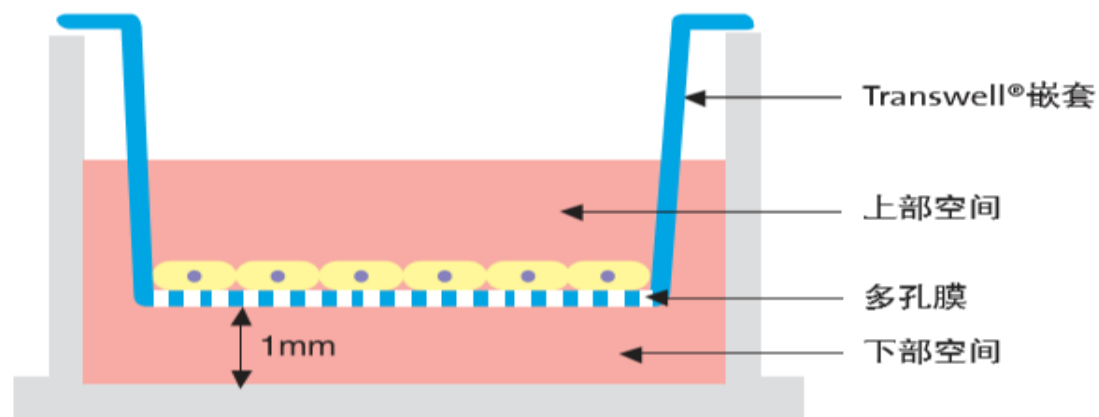
趋药性膜

### 不含PVP的疏水性膜

- 优势：提高细胞附着力
- 孔径：5/8um
- 规格：13mm/25x80mm/19x42mm等
- 应用：驱药分析

## 应用—医疗健康

### 径迹蚀刻膜PC—细胞和组织培养—Transwell 板



### 如何选择孔径?

#### 较小孔径 (0.4~1.0 $\mu\text{m}$ )

- 培养细胞-0.4 $\mu\text{m}$
- 共培养-0.4/1/3 $\mu\text{m}$
- 药物运输研究-0.4/1/3 $\mu\text{m}$

#### 较大孔径 (1.0~8.0 $\mu\text{m}$ )

- 趋化和血管生成
- 如：迁移、细胞侵袭、趋化性、运动型研究-3/5/8 $\mu\text{m}$

### “膜滤器” “有通透性的支架”

- 可放置在孔板里的小杯子
- 杯子底层有一张有通透性的膜—PC膜



## 应用—医疗健康

### 诊断分析

- 样品制备、血液分离、细胞/乳胶微粒表面截留

### 生物传感器

- 充当生物试剂和电化学检测器隔膜，控制扩散
- 装载生化试剂（如抗原或酶）

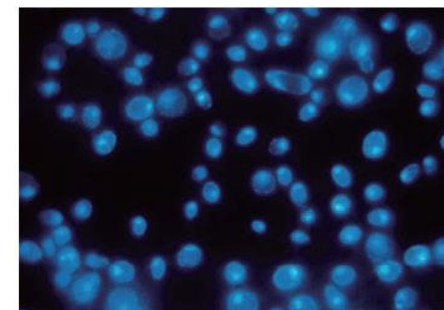
### 血液过滤

- 红细胞变形性
- 去除白细胞
- 血浆中红细胞过滤

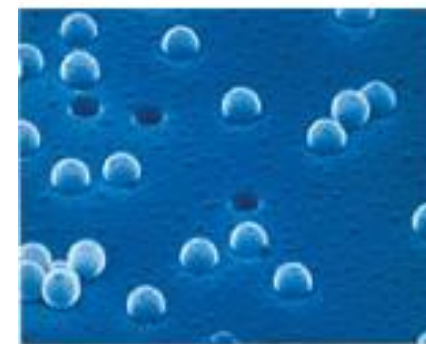


红细胞通过孔径3 $\mu$ m的Nuclepore膜

- 物质**透过**膜孔：孔径大小为目标物质的5-10倍，可降低过滤阻力
- 物质被膜**截留**：孔径大小为目标物质的1/3-1/5



黑色Nuclepore膜上用DAPI染色的酵母细胞

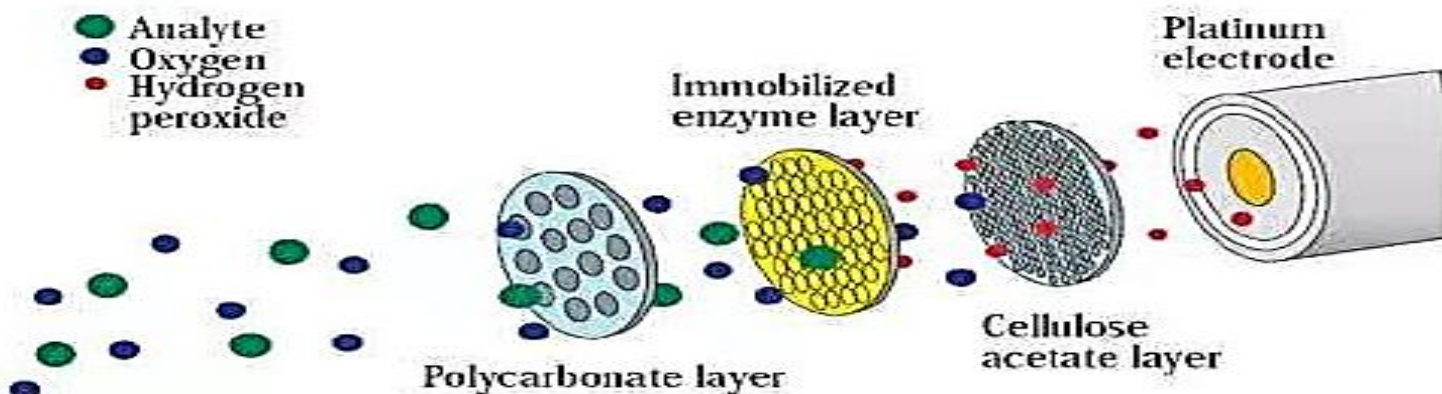


Cyclopore膜截留乳胶微球



## 应用—医疗健康

### 聚碳酸酯PC—血糖监测



An example of the reaction that takes place in a YSI immobilized-enzyme biosensor.

#### 膜的特点:

- 纯高分子聚合物膜制成，不破损
- 非特异性蛋白质吸附水平低
- 孔隙率

血糖酶膜电极，测试全血样品来检测血糖含量

#### 生物膜酶电极含三层复合结构

- 第一层 **多孔聚碳酸酯膜**：可阻止生物大分子通过，同时限制底物进入第二层（酶层）的速度，从而防止由于底物量过大引起反应受酶层有限的限制；
- 第二层 **固定化酶层**：实现底物葡萄糖的催化反应；
- 第三层 **纤维素薄膜层**：用于过滤抗坏血酸、尿酸等干扰物进入电极表面，同时使 $H_2O_2$ 通过并到达电极进行测定。

## 应用—医疗健康

### 聚碳酸酯PC—颗粒捕获—精密过滤输液器



#### 输液器产品性能

- 本产品可分别滤除药液中 $2.0\mu\text{m}$ 、 $3.0\mu\text{m}$ 、 $5.0\mu\text{m}$ 以上的微粒，滤除率不小于90%
- 输液流速10min输出药液不少于500ml
- 适用于光敏性药物注射 用硝普钠、注射用盐酸表柔和星、注射用甲氨蝶呤的输注



# 空气/水质分析

## 应用—空气颗粒物分析

### 气溶胶

- 液态或固态微粒分散悬浮于空气中形成的胶体体系
- 大气化学领域研究热点
- 采样滤膜：聚碳酸酯膜

### 石棉尘

- 来源于固定污染源废气
- HJ/T 41-1999 混合纤维素膜-丙酮蒸汽法
- 采样滤膜：聚碳酸酯膜（本身透明，无需丙酮蒸汽处理，即可镜检）

### 花粉、海盐

- 0.8um, 25/37mm 透明Nuclepore聚碳酸酯膜



# 应用—空气颗粒物分析

## 气溶胶采样滤膜

### 1. 固体撞击法

- 细菌、真菌的采集
- 安德森Andersen多级采样器+**0.4  $\mu\text{m}$ , 47mm PC膜** (优势: **机械物理拦截**)  
测量生物气溶胶粒径分布宜选择六级撞击式采样器

### 2. 液体撞击法

- 国际空气生物学会议推荐全玻璃式采样器AGI-30

### 3. 过滤法/滤膜法

- 大气颗粒物采样器尤其适用于**病毒气溶胶的采集, 0.2  $\mu\text{m}$  TE35 PTFE膜+PCR**
- 采样时间宜 $\leq 10\text{min}$  (仅用于PCR分析时, 时间不限)

### 4. 气旋法

- 美国国家职业安全卫生研究所 (NIOSH) 研制的两级旋风气溶胶采样器+**37mm PTFE膜**
- 流感病毒气溶胶研究

### 5. 其他: 离心法、沉降法

Cytiva



预防医学情报杂志 2012 年 10 月第 28 卷第 10 期 J Prev Med Inf, Oct. 2012, Vol. 28, No. 10

【论著】

## 采样介质对空气中流感病毒的富集效能

莫浩联, 牛姬飞, 司徒潮满, 方良, 陈润莉, 李丽廉, 周海涛

**1.1.2 仪器与材料** 英国 WESTECH 空气微生物采样器、美国 Waltham 气溶胶发生器(0.1~5  $\mu\text{m}$ )、0.2  $\mu\text{m}$  孔径 Teflon (PTFE) 膜(英国 Whatman Part of GE Healthcare 产品)、孔径约 30  $\mu\text{m}$  超细静电纤维膜<sup>[6]</sup>(取自 3M 公司 N99 口罩)、直径 47 mm 滤料固定圆形采样接头(带微托架, 美国 SKC 产品)、AGI-30 采样器(美国 SKC 产品)、法国 Kimo MP120 风速微压计(量程: 0 ~  $\pm 1\ 000\text{Pa}$ , 精度:  $\pm 2\%$  读数  $\pm 1\text{Pa}$ )、美国 ABI7300 荧光定量 PCR 仪和 SKC 流量计(0~50 L/min)。

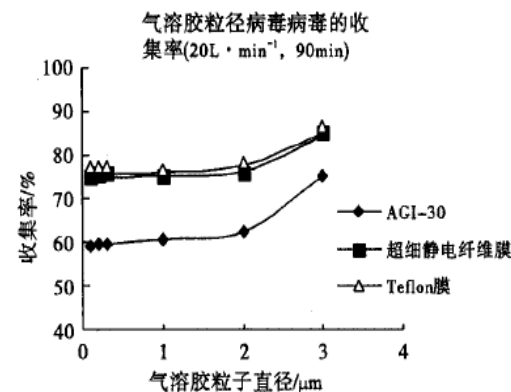


图2 气溶胶粒径病毒的收集率

## 应用—水分析

### 可吸附有机卤素AOX

□ GB/T 41533-2022 纺织品 可吸附有机卤素的测定:

👉 47mm 0.4um PC (10417112) + 0.22um 无机膜

- G2砂芯漏斗过滤→加硝酸(至pH3)和活性炭吸附→PC膜抽滤→酸性硝酸钠漂洗→燃烧和吸收 无机膜过滤

□ GB/T 15959-1995水质 可吸附有机卤素(AOX)的测定 微库仑法

👉 25mm 0.45um PC (10417106) + 150mL 过滤漏斗

- 活性炭震荡吸附→PC膜抽滤→硝酸钠洗涤

### 可溶性磷酸盐、硝酸盐和氨分析

👉 0.4um PC

- 低可萃取性

### 海洋浮游生物收集与观察

👉 超薄透明PC: 5um, 25mm (7062-2513) , 1um, 47mm (7091-4710)

- 过滤浮游生物样本, 可直接将膜安装到显微镜的载玻片上



超薄透明PC膜

## 应用—水分析

### PC膜配套硬件



多重真空过滤装置

- 规格
  - 三通/六通
  - 100/500mL, 对应滤器47/50mm
  - 快速闭合夹 (可选)



不锈钢过滤漏斗歧管

- 规格：三通道—10498761  
六通道—10498762
- 180°C 高压灭菌和干热灭菌
- 仅适用于真空操作
- 若使用冲洗管，压强请勿超过1.3 bar(300 mbar 过压)



可换膜支架

- 材质：聚醚砜、塑料、不锈钢
- 规格：13/25/47/50mm
- 优势：简便快速的澄清，灭菌
- 应用：小体积样品中的颗粒去除





微塑料

## 应用—微塑料检测

### 什么是微塑料？

一般指直径介于0.2-5.0mm的塑料颗粒、微纤维、泡沫塑料或薄膜等

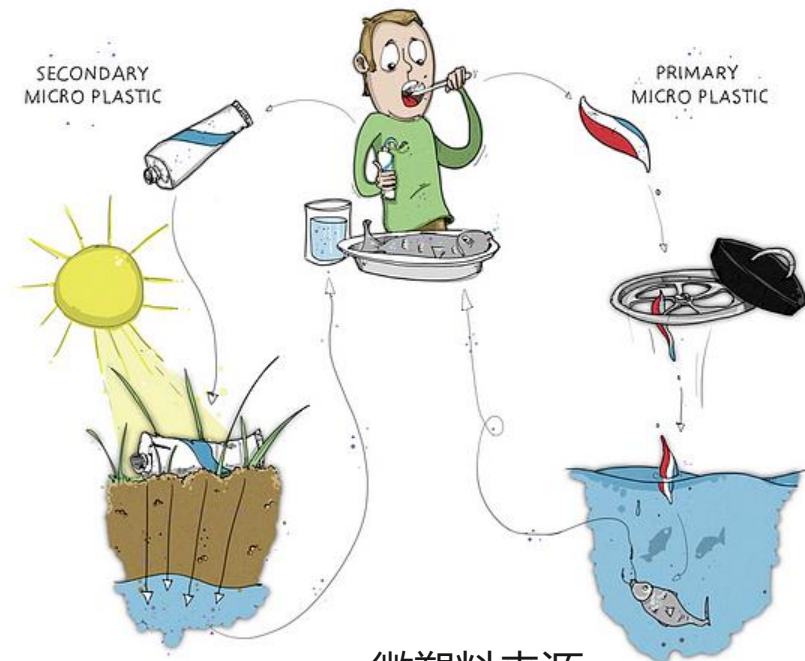
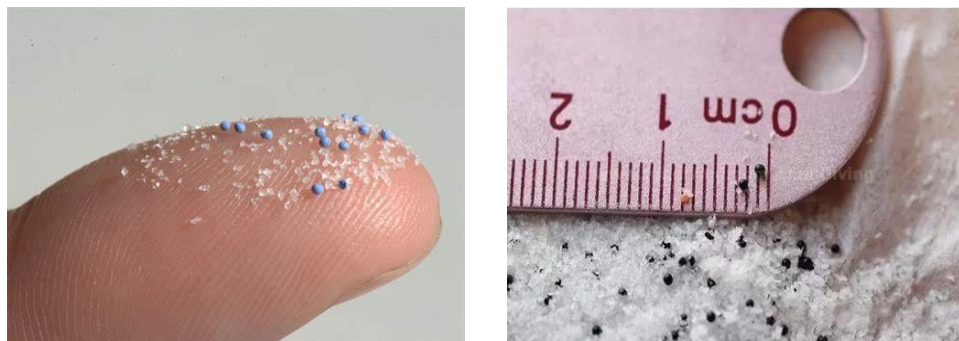
### 危害

- 通过食物链进入人体内，包括海产品、水体、食品、饮用水、化妆品等
- 和全球气候变化、臭氧耗竭和海洋酸化并列为

**全球性重大环境问题**

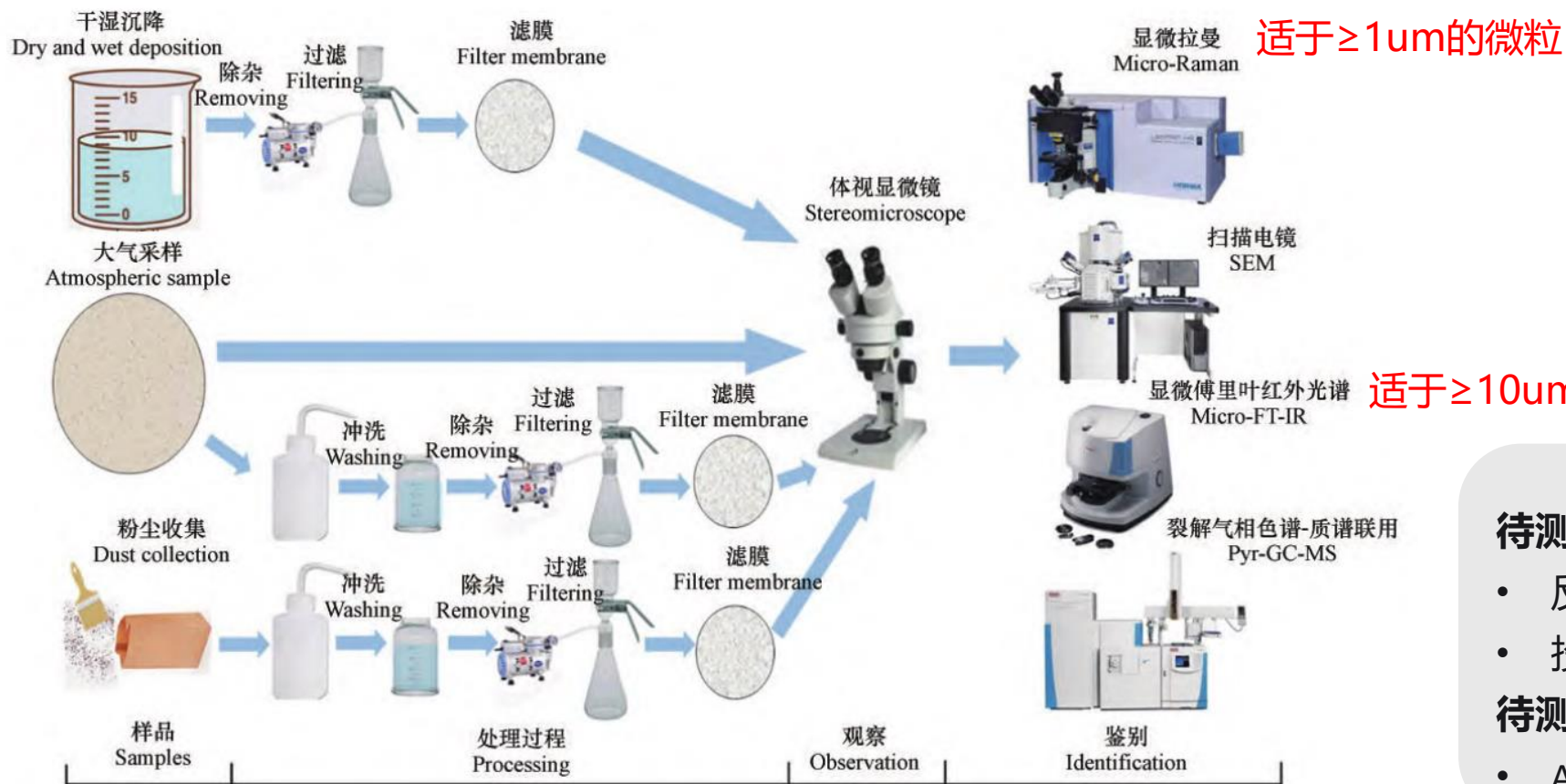
### 种类

聚乙烯 (PE)、聚丙烯 (PP)、聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET)、聚氯乙烯 (PVC)、聚苯乙烯 (PS)、聚碳酸酯 (PC) 等



微塑料来源

## 应用—微塑料检测

微塑料采集  
(现场)实验室前处理  
(分离)检测  
(定性定量)

拉曼法

- 氧化铝膜/镀铝聚碳酸酯膜

红外法

待测粒径: 300-20 $\mu\text{m}$ 

- 反射模式: 镀金碳酸酯膜/银膜
- 投射模式: 氧化铝膜/硅膜

待测粒径: 20-1 $\mu\text{m}$ / 5mm-300 $\mu\text{m}$ 

- ATR模式: 滤膜无特殊要求

## 应用—微塑料检测

### 针对红外、拉曼检测的推荐产品



分类	产品	货号	应用
真实孔径 聚碳酸酯PC膜及配件	PC膜 13mm/0.8um 100/PK	10417301	配套PC膜使用
	Pop-Top塑料自组装可换膜滤器 13mm 10/PK	420100	
	Swin-Lok塑料自组装可换膜滤器 25mm 10/PK	420200	
	不锈钢自组装可换膜滤器 13mm 1/PK	1980-001	
真实孔径 无机氧化铝膜	AAO 13mm/0.2um 100/PK	6809-7023	红外检测
	AAO 25mm/0.2um 50/PK	6809-6022	
	AAO 47mm/0.2um 50/PK	6809-5022	
玻璃真空抽滤装置	GV025/0 60ML 1/PK, 基础配置, 不含锥形烧瓶	10441000	配套25mm滤膜
	GV050/0 250ML 1/PK, 基础配置, 不含锥形烧瓶	10442000	配套47mm滤膜

# 应用—微塑料检测

## Whatman过滤产品在微塑料检测中的应用

### 滤膜选择影响因素

- 现场采样设备
- 消解液的种类
- 需要分析的微塑料种类
- 光谱检测方法



玻纤、石英



PC膜



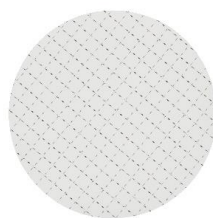
0.2μm无机氧化铝膜



0.2μm PTFE滤膜, TE35



尼龙膜



纤维素膜, CA、NC、ME (含带网格)



真空抽滤装置



玻璃三件套  
匹配玻纤



可换膜支架  
匹配PC膜

# 答疑时刻

# Thank you

刘昕倬

Whatman实验室过滤产品技术支持

M. 18019033772 (微信同)

E. [xinzhuo.liu@cytiva.com](mailto:xinzhuo.liu@cytiva.com)