



# 新型全能型 通孔孔径分析技术 及其应用

Novel wide range  
through-pore pore size analysis  
technology and its application

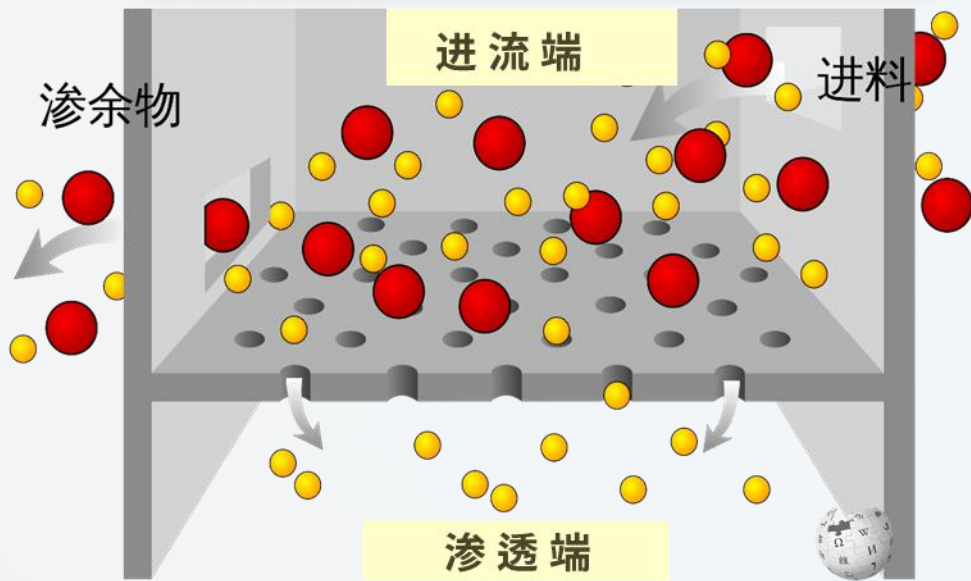


珀尔科技 副总经理

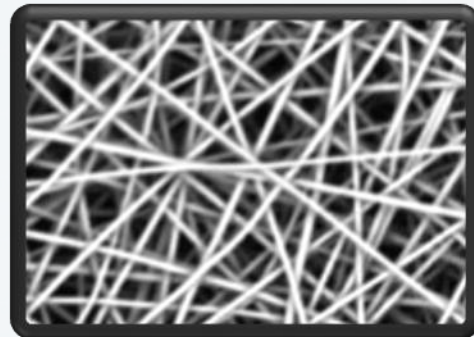
廖国淞 博士

# 过滤与滤材

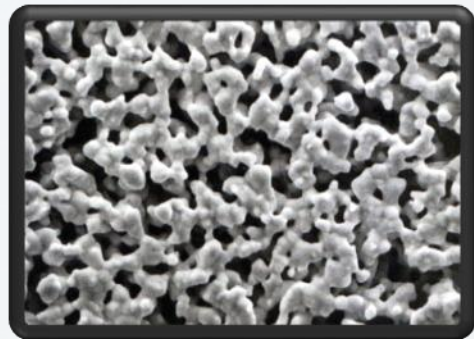
## 固/液或固/气过滤分离



无纺布



烧结金属



# 濾材孔洞型態

闭孔

Close pore



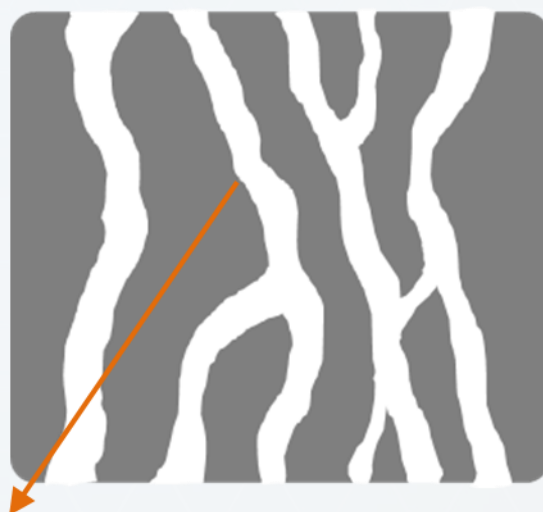
盲孔

Blind pore



通孔

Through pore

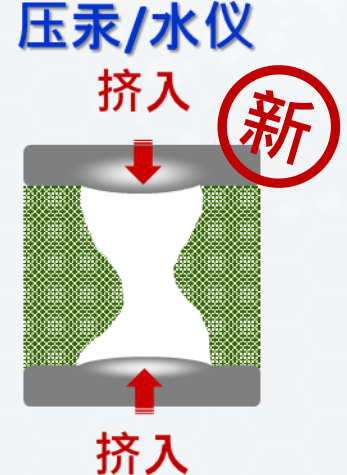
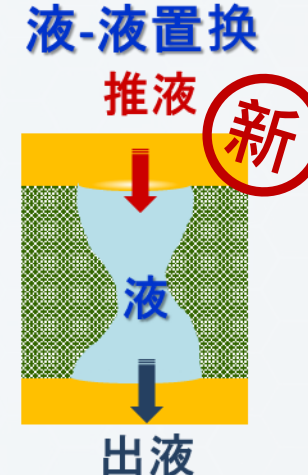
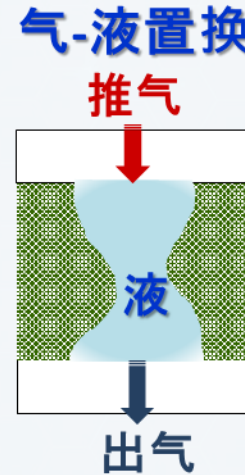
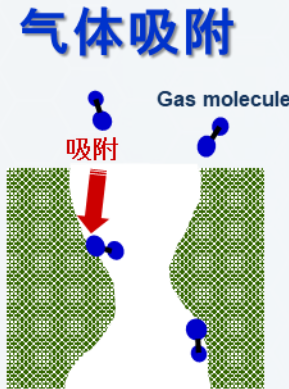


孔喉

# 通孔孔径仪

Legend:

- Sample (Green)
- Mercury (Grey)
- Liquid 1 (Light Blue)
- Liquid 2 (Yellow)
- Gas (Blue)

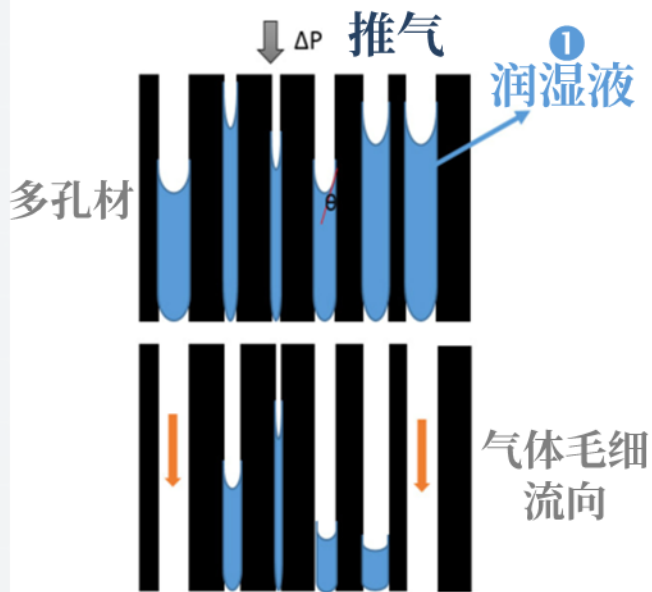


最高测试压力 (psi)	19	500	500	60K/10K
最小孔径 (nm)	0.35/0.5	13	2	3.0/1.0
适用孔型	盲孔 & 通孔	通孔	通孔	盲孔 & 通孔

# 毛细流动法孔径量测过程

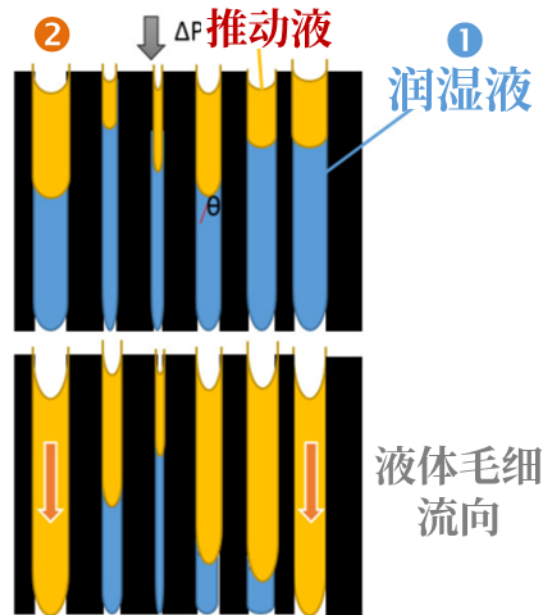
## 气液置换模式

Capillary Flow Mode



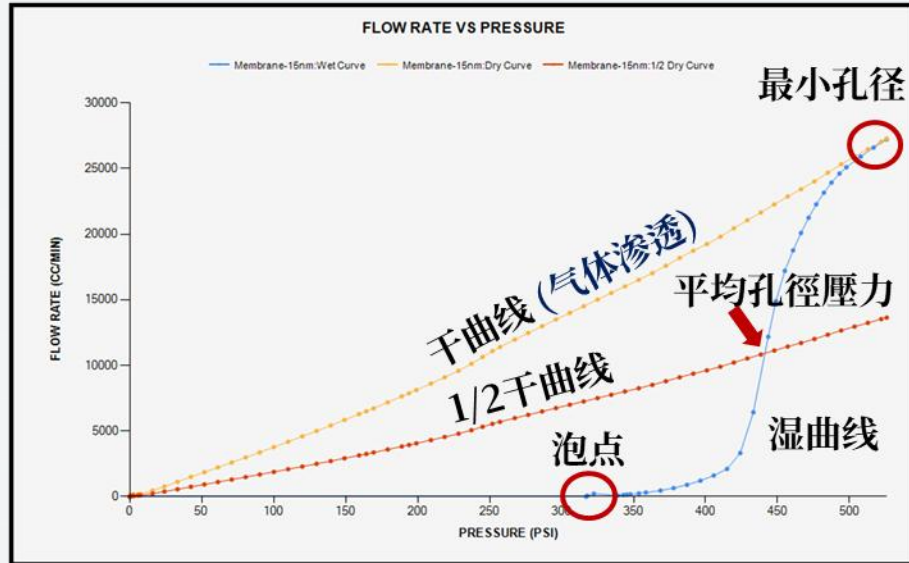
## 液液置换模式

Hydro-Liquid Mode

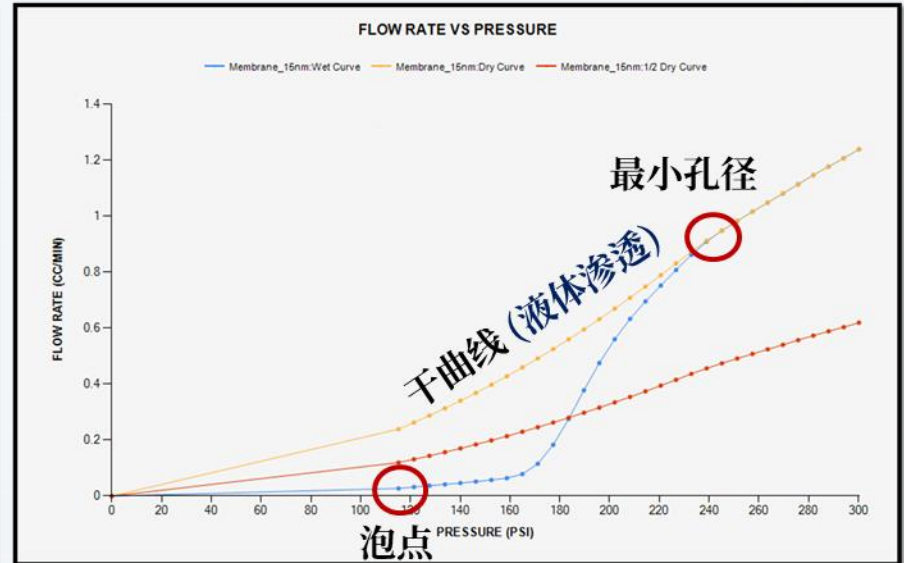


# 测试过程图谱

## 气液置换模式



## 液液置换模式



# 解决毛细流动法技术痛点

新加坡学者于 2021年提及

珀尔科技  已克服的传统技术痛点

毛细流动法劣势：

- (i) Young-Laplace和Hagen-Poiseuille输送理论所假设的圆柱平行孔，  
对于多数真实高分子膜来说是无效的；
- (i) 测量低流量的精度有限；
- (ii) 选择最佳润湿液体-驱替液体对并不简单；
- (iii) 使用湿润的酒精混合物时可能会出现膜膨胀问题；
- (iv) 无法表征生物污垢层且难以校正吸附的  $t$  层；
- (v) HLP程序需要细腻样品制备和分析操作，如执行不当，容易导致不可重现或不一致的结果。

# 全能型通孔孔径分析仪 - UNP

2<sup>IN</sup>1

Gas-Liquid method  
Liquid-Liquid method

一机多功能

CFP, HLP, 气/液渗透

精准孔径分析

超微流量感测

宽广孔径范围量测

500  $\mu\text{m}$  to 2 nm

全自动检测、报告生成

泡点、平均孔径、孔径分布

多种测试液选择

不須更換設備元件

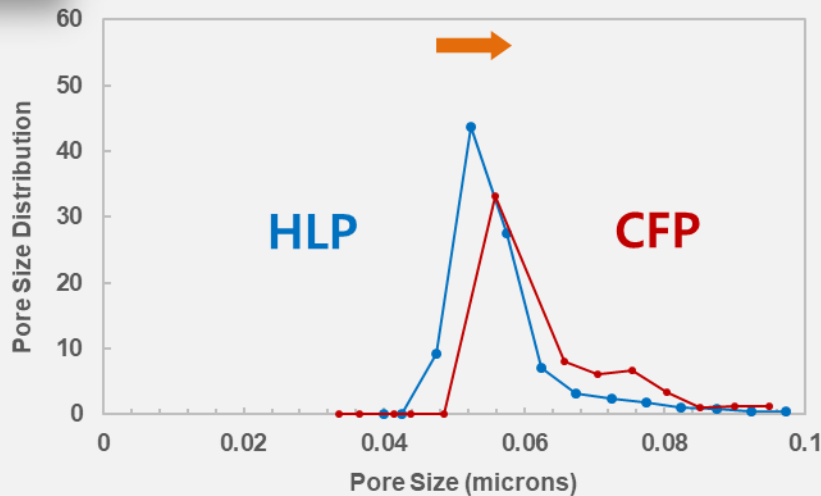
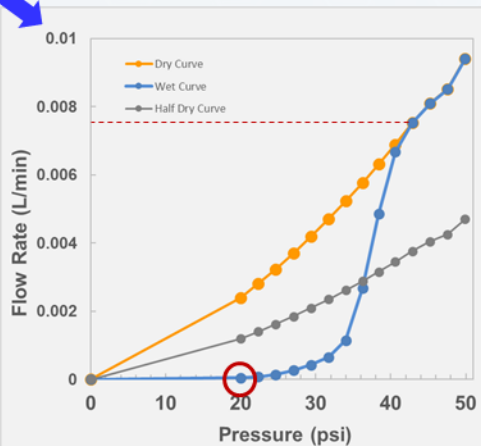
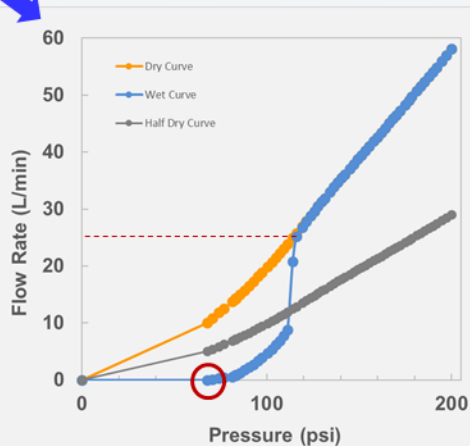


# ePTFE膜孔结构扩孔现象

样品	PTFE1			CFP	HLP		CFP	HLP
润湿液	Galwet	Galwet-IPA	泡点 ( $\mu\text{m}$ )	0.0973	0.0999	平均孔直径 ( $\mu\text{m}$ )	0.0589	0.0546
表面张力(差值) (mN/m)	15.9	4.8	泡点压力 (psi)	67.833	19.949	孔直径压力 (psi)	111.95	36.46

CFP

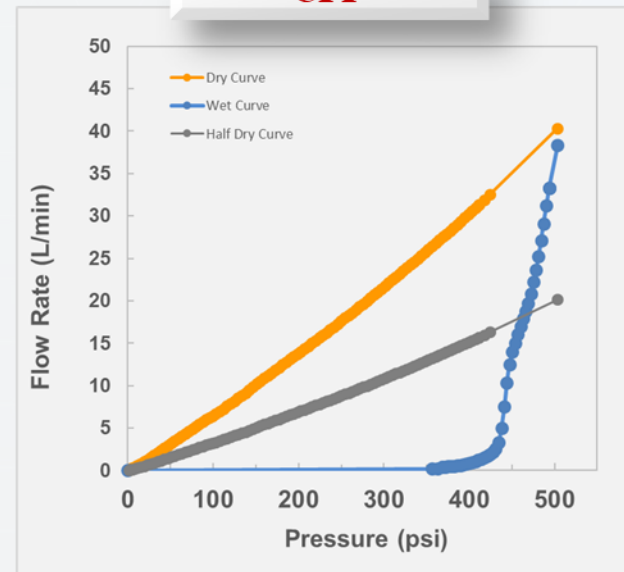
HLP



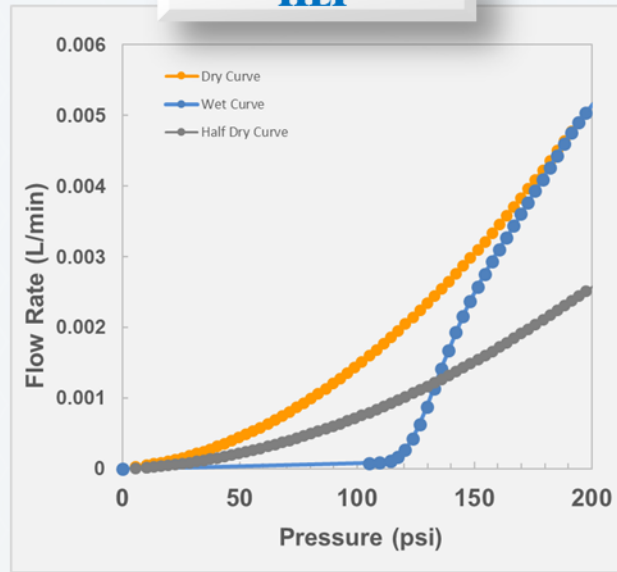
# HLP具低操作压力优势

样品	7_RCR			CFP	HLP		CFP	HLP
润湿液	Galwet	Galwet-IPA	泡点 ( $\mu\text{m}$ )	0.0176	0.019	平均孔直径 ( $\mu\text{m}$ )	0.0142	0.0149
表面张力(差值) (mN/m)	15.9	4.8	泡点压力 (psi)	375.49	105.32	孔直径压力 (psi)	464.28	133.96

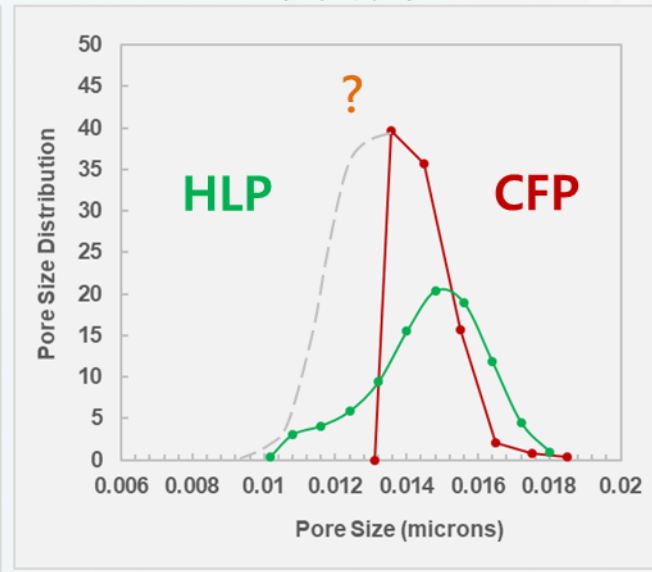
CFP



HLP



孔径分布

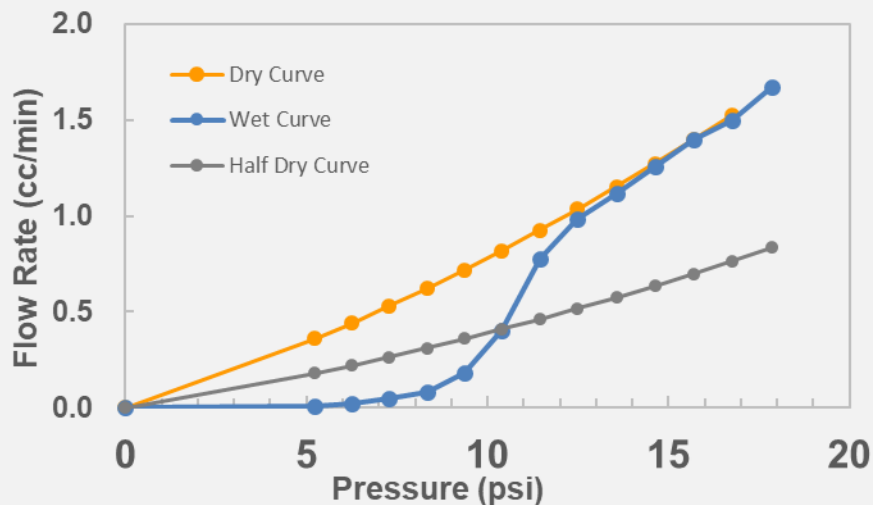


# 适用中空纤维膜孔径检测

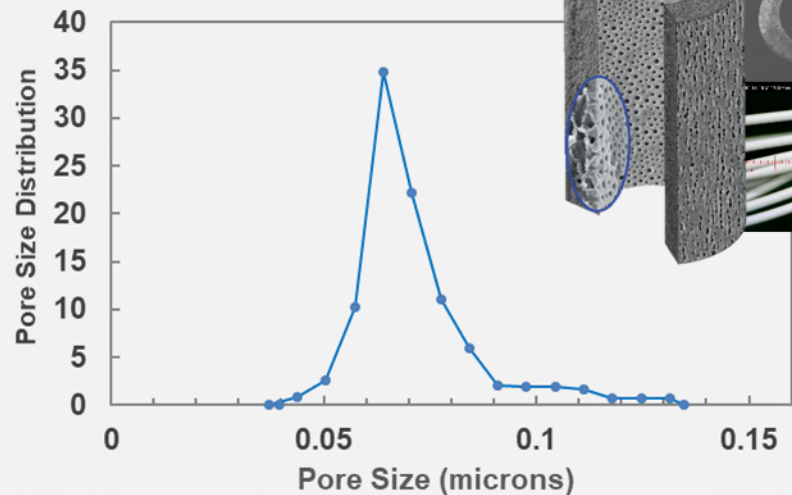
样品	HF-2	浸泡甘油之中空纤维膜			
润湿液	H2O-IBA	泡点 ( $\mu\text{m}$ )	0.1348	平均孔直径 ( $\mu\text{m}$ )	0.0676
表面张力(差值) (mN/m)	1.7	泡点压力 (psi)	5.235	孔径压力 (psi)	10.423

Adv. Mater. Interfaces 2017, 1600991

## 流速 - 压力



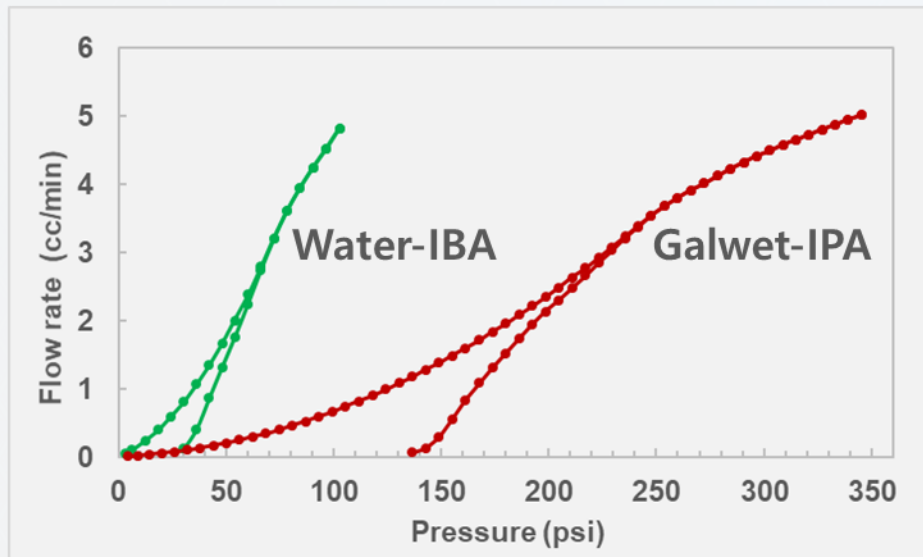
## 孔径分布



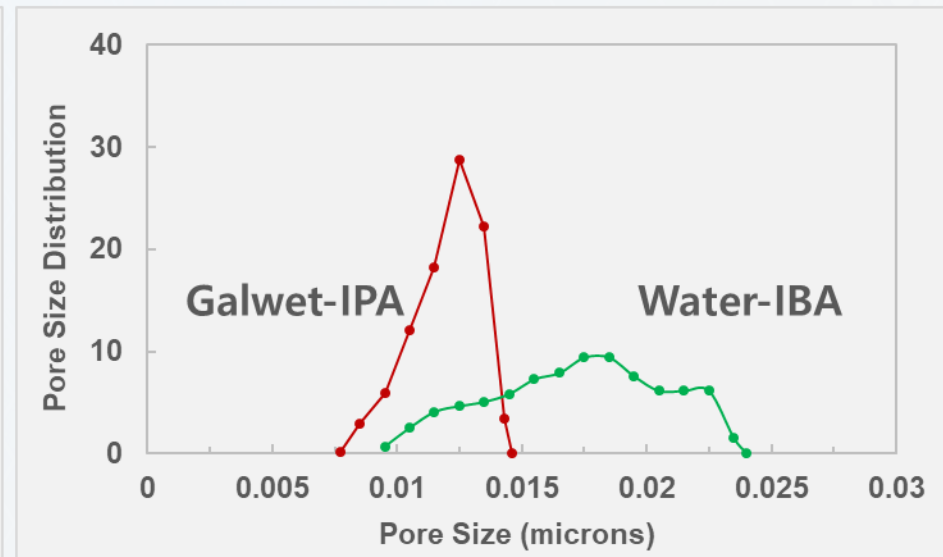
# 不同测试液比较 - HLP

样品	ECRRD			Gal-IPA	Water-IBA		Gal-IPA	Water-IBA
	Galwet-IPA	H <sub>2</sub> O-IBA		泡点 (μm)	0.146		0.023	平均孔直径 (μm)
润湿液	Galwet-IPA	H <sub>2</sub> O-IBA	泡点 (μm)	0.146	0.023	平均孔直径 (μm)	0.0124	0.0183
表面张力(差值) (mN/m)	4.8	1.7	泡点压力 (psi)	136.66	30.35	孔径压力 (psi)	160.40	38.52

流速 - 压力

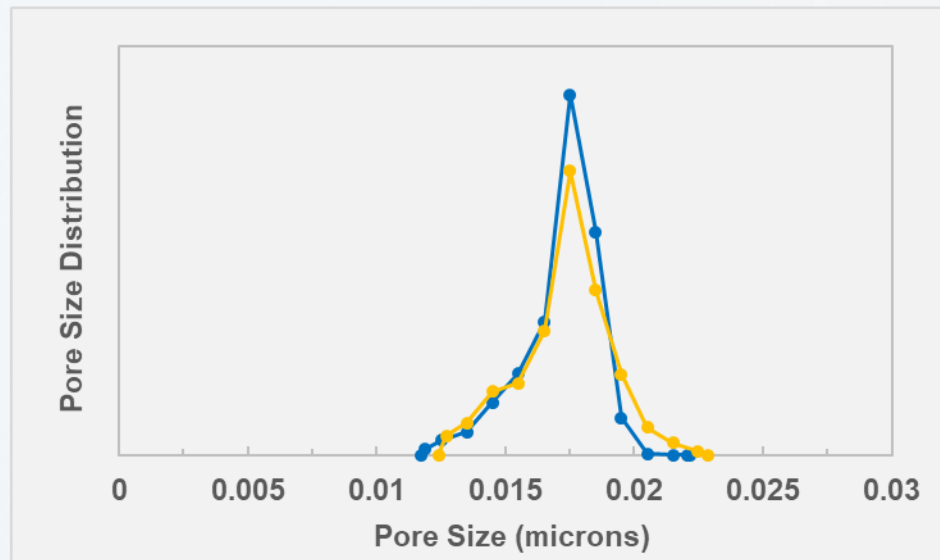
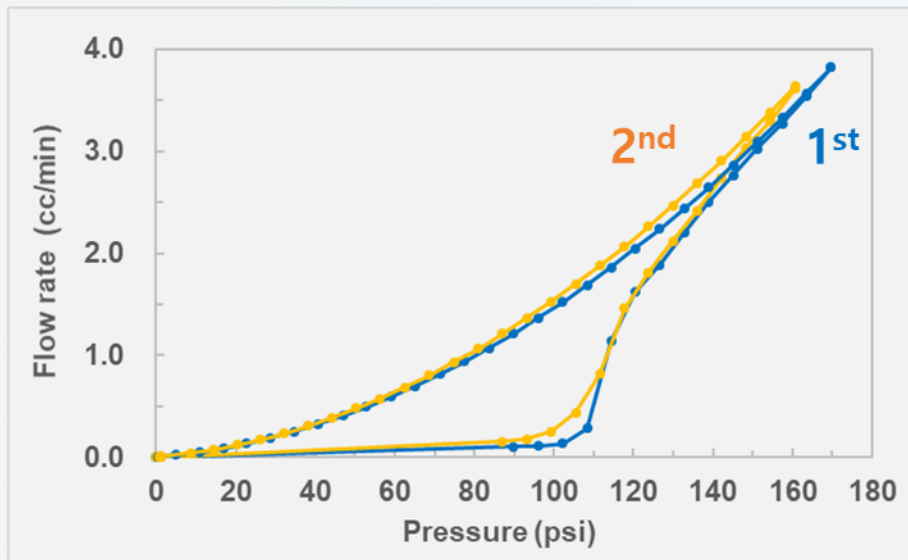


孔径分布

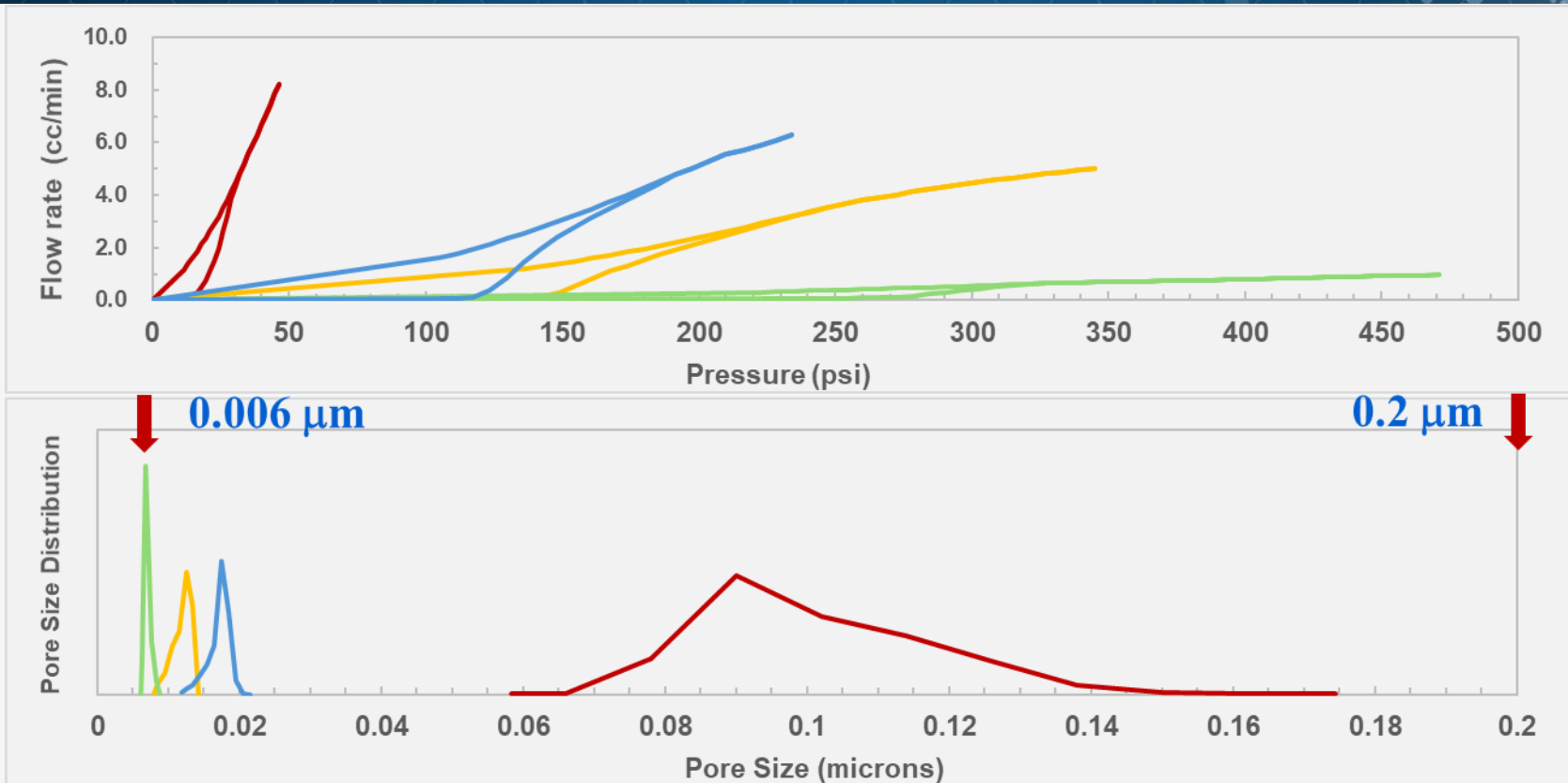


# HLP 孔径仪重复性佳

样品	7_RCR			1st	2nd		1st	2nd
润湿液	Galwet	Galwet-IPA	泡点 ( $\mu\text{m}$ )	0.0222	0.0229	平均孔直径 ( $\mu\text{m}$ )	0.0176	0.0178
表面张力(差值) (mN/m)	15.9	4.8	泡点压力 (psi)	89.864	87.070	孔直径压力 (psi)	113.01	112.10



# HLP液液模式实测孔径范围



# 毛细流动法使用时机及总结

## UNP 全能型毛细流动法孔径儀

- ▶ 一机多功能
- ▶ 宽孔径范围检测
- ▶ 高精度度
- ▶ 超微流量检测

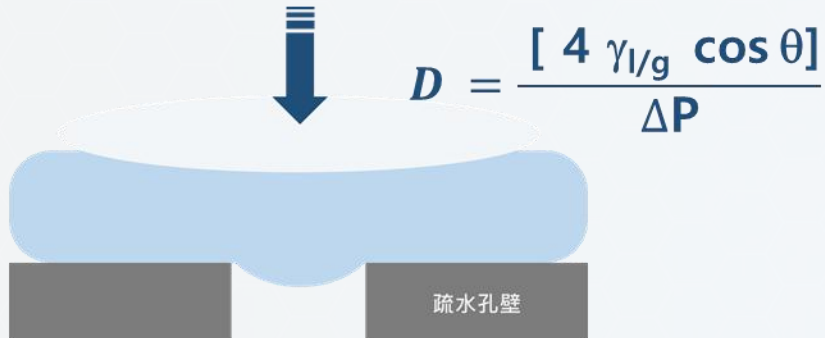
### CFP 气液模式

- ▶ 高泡点灵敏度
- ▶ 可作为一般滤材通用测试
- ▶ 可作为快速孔径扫描
- ▶ 孔径适用范围：13 nm – 100um

### HLP 液液模式

- ▶ 低操作压力，适用不耐压滤材
- ▶ 短检测时程，无浸润影响
- ▶ 孔径适用范围：2 nm – 0.2um
- ▶ 搭配CFP，可提升数据判断准确性

# 液体挤入法 – Hydropore 压水仪



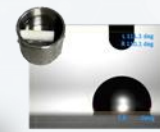
## 相较压汞法 特点

- ☑ 无汞测试
- ☑ 环保
- ☑ 低成本
- ☑ 低操作压力
- ☑ 孔范围400/20 $\mu$ m - 2nm
- ☑ 全自动控制
- ☑ 自动生成分析报告
- ☑ 疏水通/盲孔

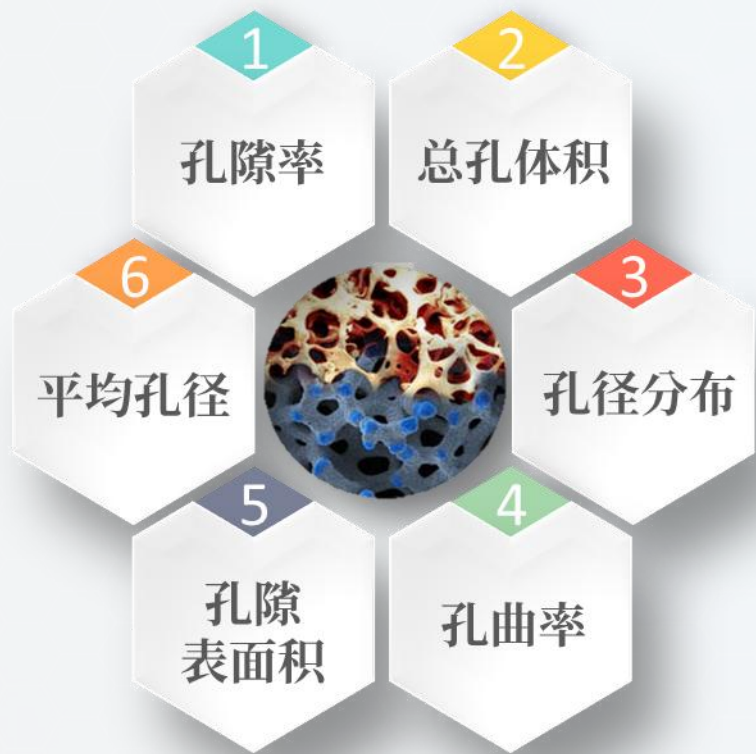
自动生成分析报告



Test Results	240801-16um P hydropore	240801-16um P
Sample ID	16um P hydropore	240801-16um poretech
Sample Weight	0.9463 gm	0.9318 gm
Bulk Density	0.5554 gm/cc	0.55879 gm/cc
Surface Tension	72 mN/m	72 mN/m
Contact Angle	115	115
Fluid	Water	Water
Total % Porosity	38.0648	38.1644
Total Intrusion Volume	0.68536 cc/g	0.68298 cc/g
Total Surface Area	81.3560 m2/g	79.4655 m2/g
Median Pore Diameter(Based On V...	0.0347 Micron	0.0353 Micron
Median Pore Diameter(Based On Su...	0.0337 Micron	0.0341 Micron

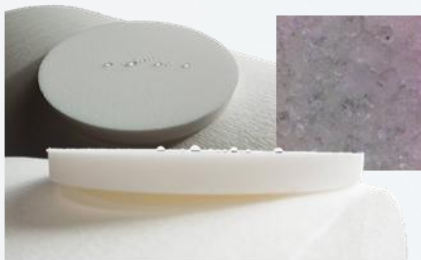


# Hydropore 應用

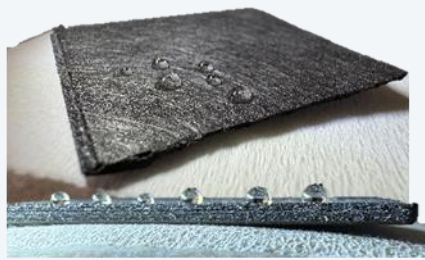


# Hydropore – 实例测试分析

PP多孔烧结滤片



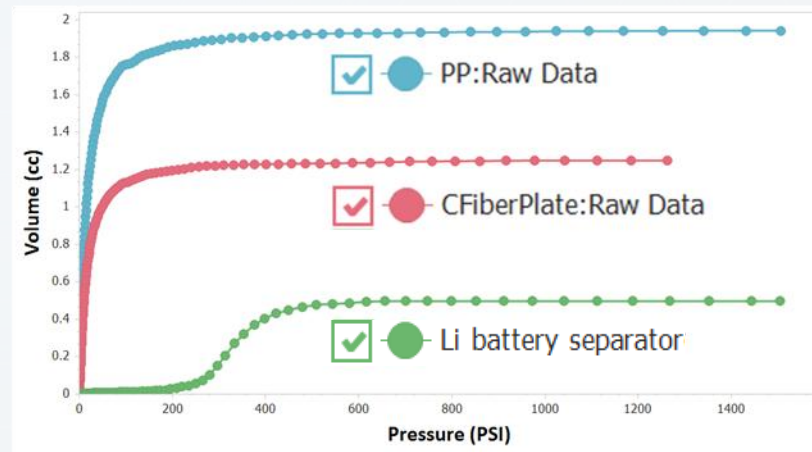
碳纤维板



電池隔膜

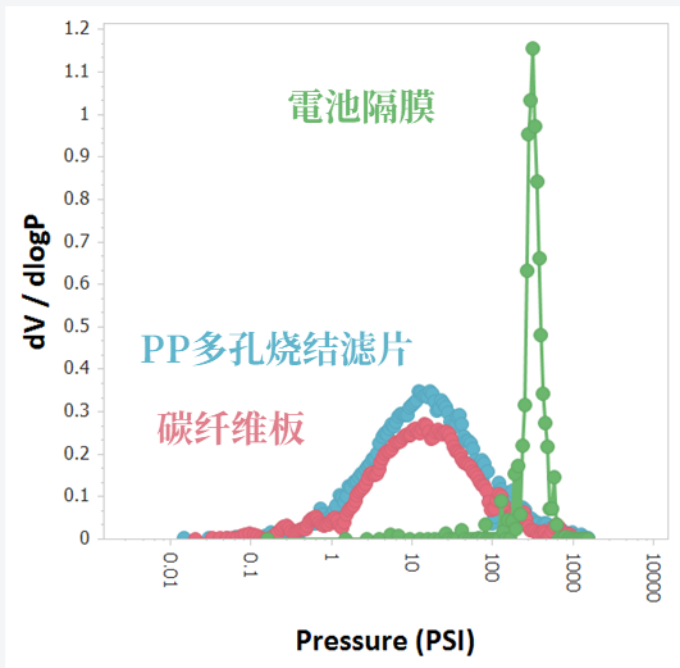


Sample	Sintered PP	C Fiber Plate	Li-B Separator
Weight (g)	3.6588	2.9964	0.9489
Surface Tension (mN/m)	72	72	72
Contact Angle	120	105	115
Fluid	Water	Water	Water
Total % Porosity	29.2796	36.4214	38.3683
Total Intrusion Volume (cc/g)	0.53102	0.4142	0.68753
Total Surface Area (m <sup>2</sup> /g)	4.4479	6.5597	73.8078
Average Pore Diameter (micron)	0.4776	0.2526	0.0373
Tortuosity	1.6074	1.5391	1.5205

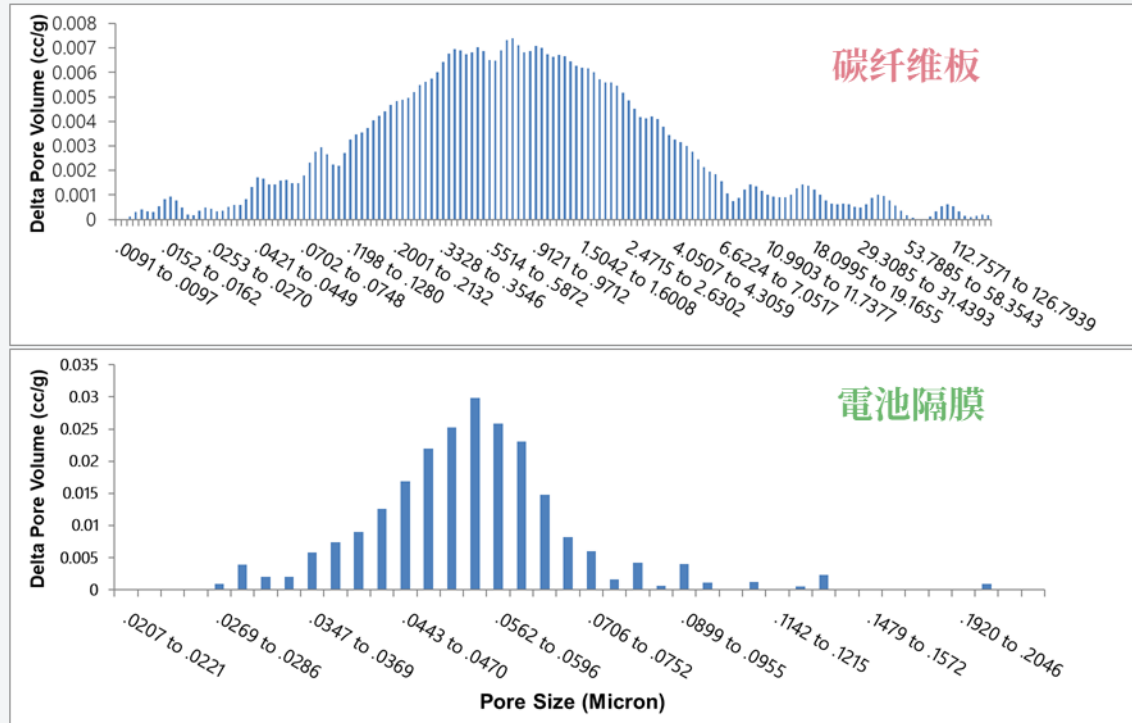


# Hydropore – 实例测试分析

## 孔容分布微分直方图 (压力作图)



## 孔容分布直方图 (孔径作图)



# 液体挤入法使用时机及总结

## Hydropore 压水法孔隙度分析仪

- ▶ 针对疏水滤材之通孔/盲孔进行测试
- ▶ 可检测 孔隙度、孔隙表面积、总孔体积、孔曲率
- ▶ 无汞、环保、低成本
- ▶ 低操作压力，避免破坏孔结构
- ▶ 孔径适用范围：2 nm – 20um



**研发**



**创新**



**务实**

**致力于提供高精度孔径检测设备和服务**



展位號: E75

# 報 告 完 畢 敬 請 指 教

上海地区办事处

ADD: 200030上海市徐汇区凯旋路1671号4楼402室

TEL : +86 (021) 5118 6380 (代表号)

E-mail: info@cyi-pmi.com



# 孔径谱与孔径仪

