

# 医用防护口罩熔喷布拉伸试验及微观形貌观察

AGS-003

**摘要：**本文参考《FZ/T 60006-91 中华人民共和国纺织行业标准 - 非织造布撕破强力测定》标准，使用岛津电子万能试验机 AGS-X 1KN 实施医用防护口罩熔喷布拉伸对比试验，为口罩和防护用品企业研究相关材料和获取拉伸测试数据提供参考与依据。同时使用岛津电子探针显微分析仪 EPMA-1720 对拉断后的熔喷布断口以及不同防护级别口罩中的熔喷布及纤维细节行了形貌观察，结果显示，相对于普通口罩，医用口罩熔喷布的厚度更厚，并具有更细小更致密的微观纤维构造，所以过滤性能更好，综合力学性能也更突出，可以满足医护人员更高级别的防护需求。

**关键词：**万能试验机 医用防护口罩熔喷层 拉伸试验 电子探针 微观形貌观察

熔喷布，外文名叫 melt-blown nonwovens，原料主要是聚丙烯，具有独特的毛细结构，别名是熔喷无纺布、熔喷法非织造布等。熔喷布主要用于过滤粉尘、微生物、雾霾等微米级颗粒物，堪称口罩的“心脏”。由聚丙烯超细纤维随机分布沾结在一起，外观洁白、平整、柔软，材料纤维细度为 0.5-10 微米，纤维的随机分布提供了纤维间更多的热粘合机会，因而使熔喷气体过滤材料具有更大的比表面积，更高的孔隙率（ $\geq 75\%$ ）。经过高压驻极静电处理，具有低阻、高效、高容尘等特点。

熔喷无纺布的过滤效果是个“微笑曲线”，小颗粒和大颗粒都容易被过滤。直径小于 0.1 微米纳米级非油性颗粒物，可通过静电吸附，过滤效果高达 99%。直径大于 10 微米的颗粒物，可通过交织纱线的物理结构吸附，即便最烂的纱布口罩，也能做到接近 80% 的防护率。最难过滤的，是直径在 0.3 微米范围的颗粒物。因此，我国对口罩的检测标准，就使用 0.3

微米的氯化钠颗粒物作为检测指标。厚度不足 0.1 毫米的熔喷无纺布，可对 0.3 微米的氯化钠颗粒物过滤效果大于 70%。病毒以飞沫和气溶胶状态飞沫核存在，其中 82% 的飞沫核，直径在 0.74~2.12 微米范围。因此熔喷无纺布成为口罩、HEPA 滤纸等核心材料，能有效防病毒，在医疗、卫生领域发挥着不可替代的作用。



## ■ 实验部分

### 1.1 仪器与夹具

AGS-X 1KN 电子万能试验机  
1KN 气动双推夹具（配橡胶面夹齿）  
TRAPEZIUM X 软件（单一试验）  
EPMA-1720 电子探针纤维分析仪

### 1.2 分析条件

试验温度：室温 20°C 左右  
载荷传感器：1KN（0.5 级）  
试验夹具：1KN 气动双推夹具（橡胶面夹齿）

试验速率：100mm/min  
电子探针加速电压：4kV  
电子探针电流：0.01nA

### 1.3 样品及处理

测试试样为成品医用防护口罩，需要裁切粘接层之后，将中间的熔喷布整片剥离出来，按照《FZ/T 60006-91 中华人民共和国纺织行业标准 - 非织造布撕破强力测定》中的要求裁切成长 200mm 宽 50mm 实施拉伸测试试样断裂强度与延伸率。（特别说明，最好的测试试样应是成卷的熔喷布原料经过良好裁切后的试样。）拉断后的熔喷布直接放入电子探针，使用低加速电压和小电流进行观察横截面的断口形貌特征。



表 1. 试样信息

试样类型	数量
熔喷布试样 1	4
熔喷布试样 2	4

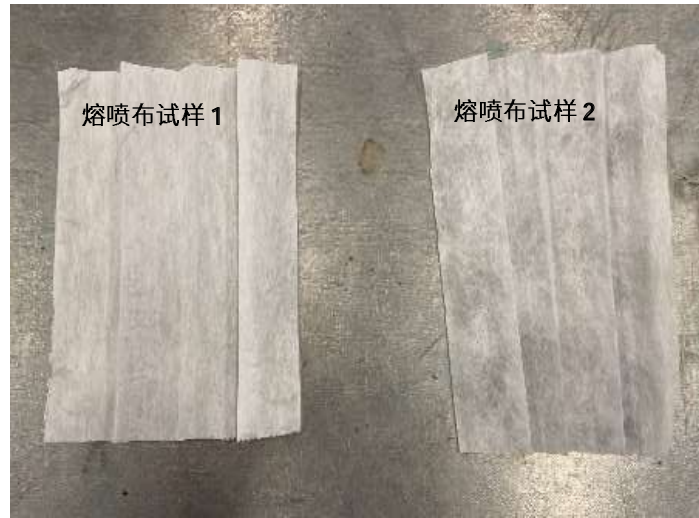


图 1. 医用口罩熔喷布与普通口罩滤纸

### ■ 拉伸试验介绍

采用岛津精密万能试验机 AGS-X 1kN 试验机和 1KN 气动双推夹具（配合橡胶面夹齿）进行拉伸强度试样。将裁切好的矩形试样两端用夹具夹住，松式夹持，设定预加载力为 2N，拉伸以 100N/min 速度开始拉伸直至试样断裂。如试样断裂位置离开夹口线超过 5mm 处，则为有效试样。

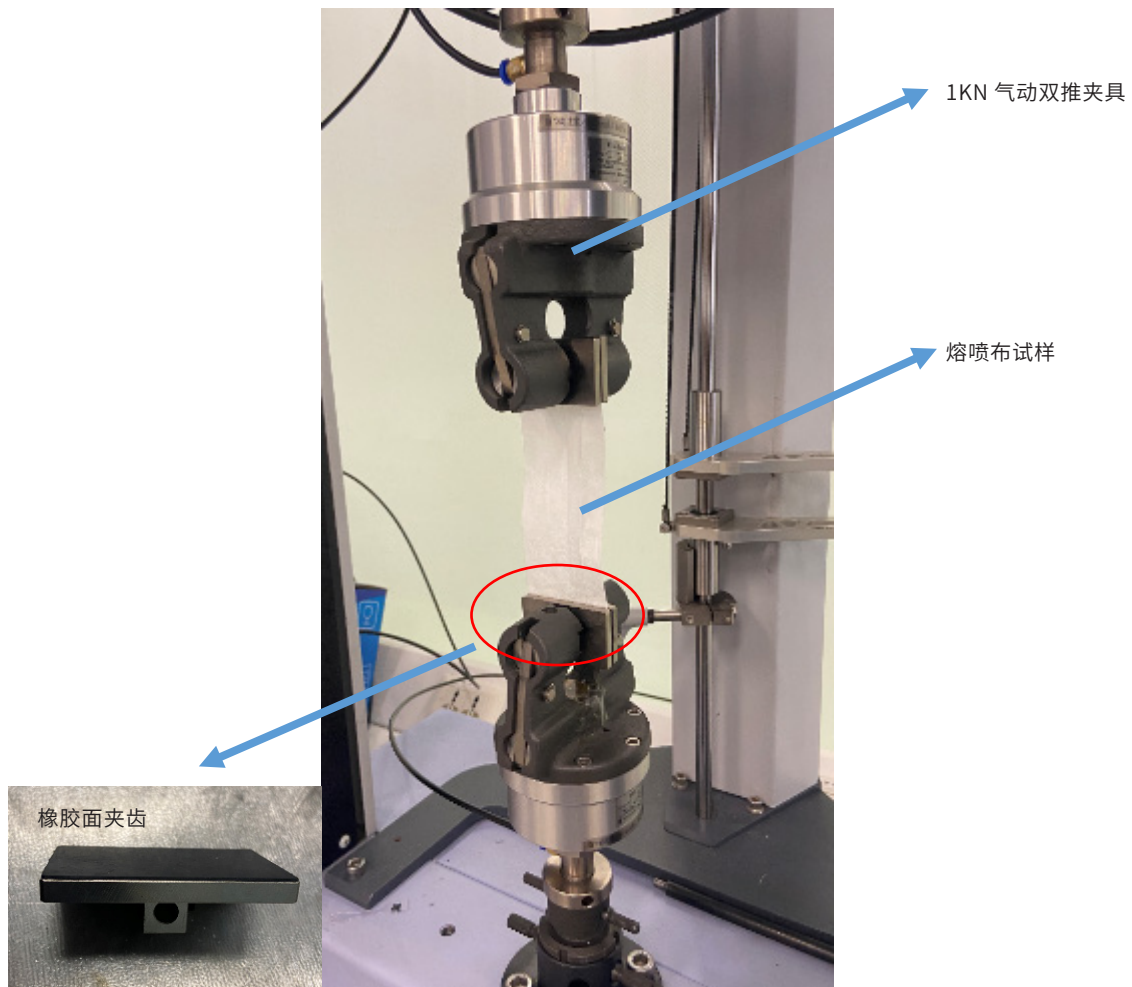
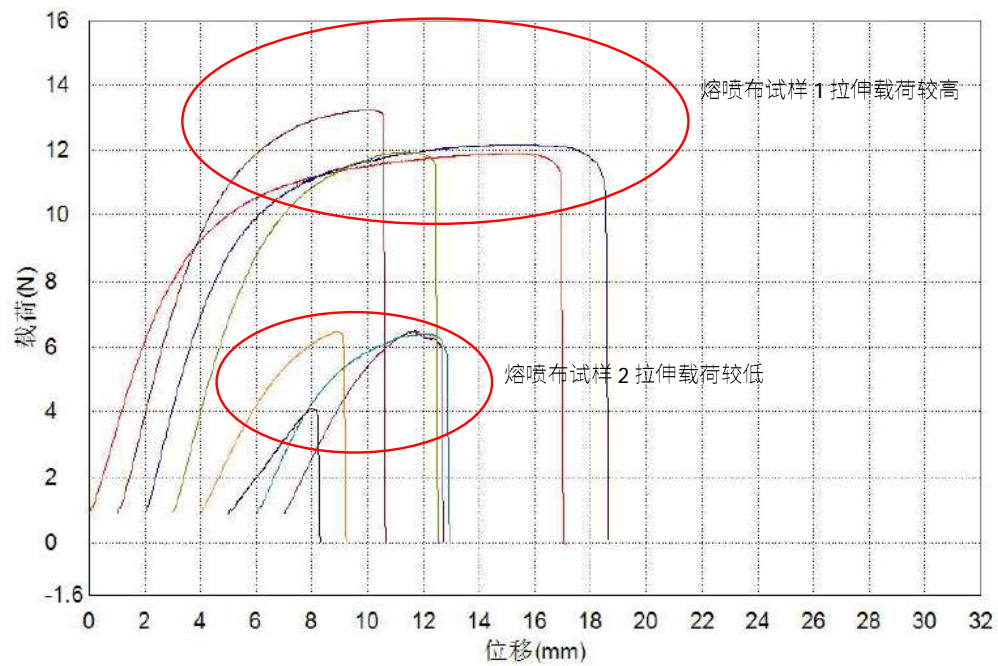


图 2. 试样与夹具外观

## ■ 结果与结论

### 3.1 拉伸试验结果



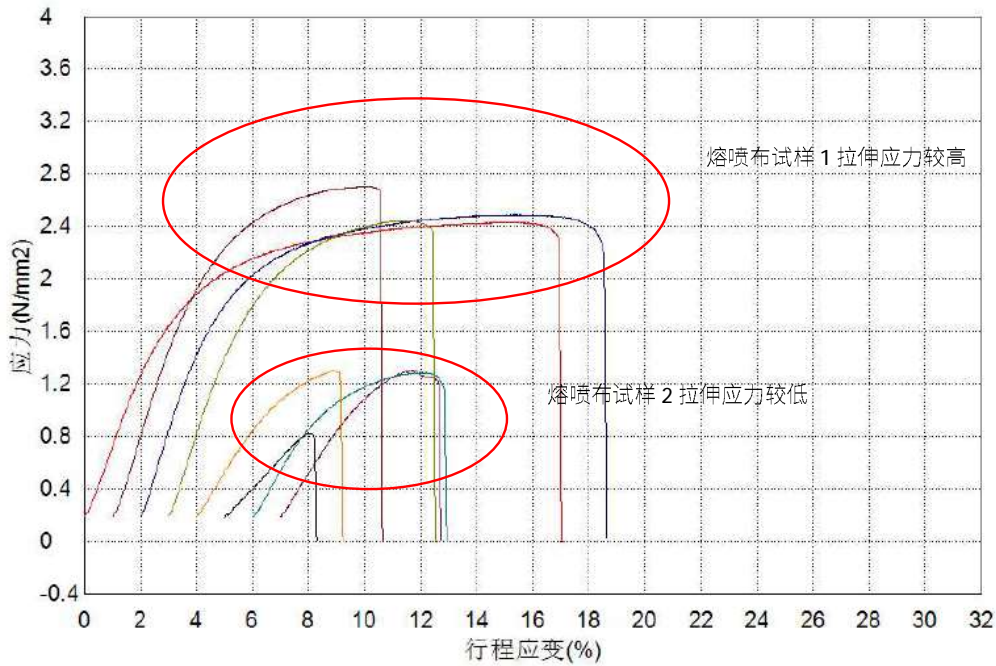


图 3. 拉伸试验结果 (载荷 - 位移 / 应力 - 应变曲线)

表 2. 测试结果

试样名称	最大载荷 N	断裂点行程应变 %
熔喷布 1-1	11.8863	16.5362
熔喷布 1-2	13.2321	9.46930
熔喷布 1-3	12.1706	15.8692
熔喷布 1-4	11.9437	9.21937
熔喷布 2-1	6.46623	5.01937
熔喷布 2-2	4.07219	3.13610
熔喷布 2-3	6.40949	6.43610
熔喷布 2-4	6.49468	4.80263

图 3 显示了拉伸试验的结果, 可见熔喷布试样 1 的拉伸载荷, 强度与断裂延伸率都要明显好于熔喷布试样 2。

### 3.2 防护口罩微观特征形貌的观察

使用岛津电子探针 EPMA 对两类具有不同强度和拉伸率的熔喷布拉断后的断口横截面进行了观察。从结果可以看出, 强度较好的医用口罩中熔喷布相对于普通口罩中的滤纸要厚很多, 里面包含了更多更细小的纤维, 内部构造也显得更致密一些。

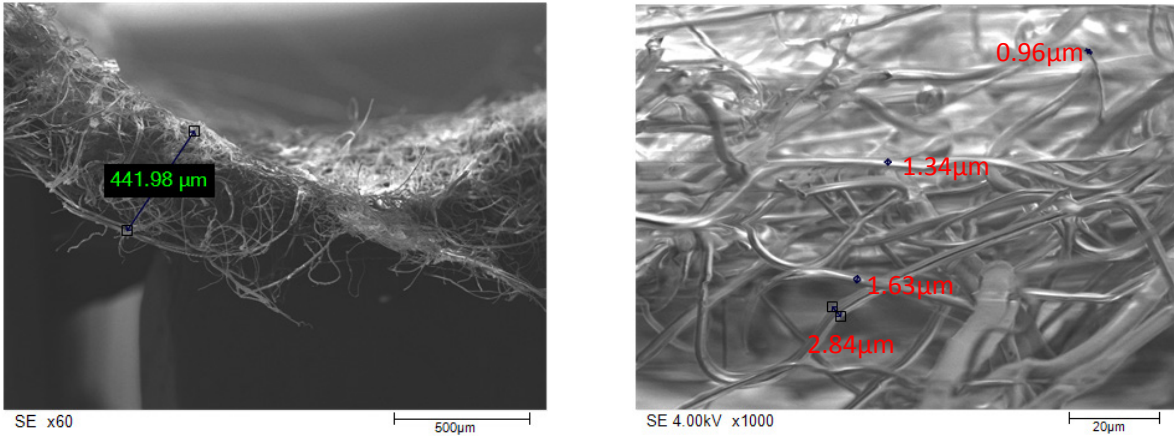


图 4 医用口罩熔喷布的拉断后的整体横截面形貌及放大后的纤维构成细节

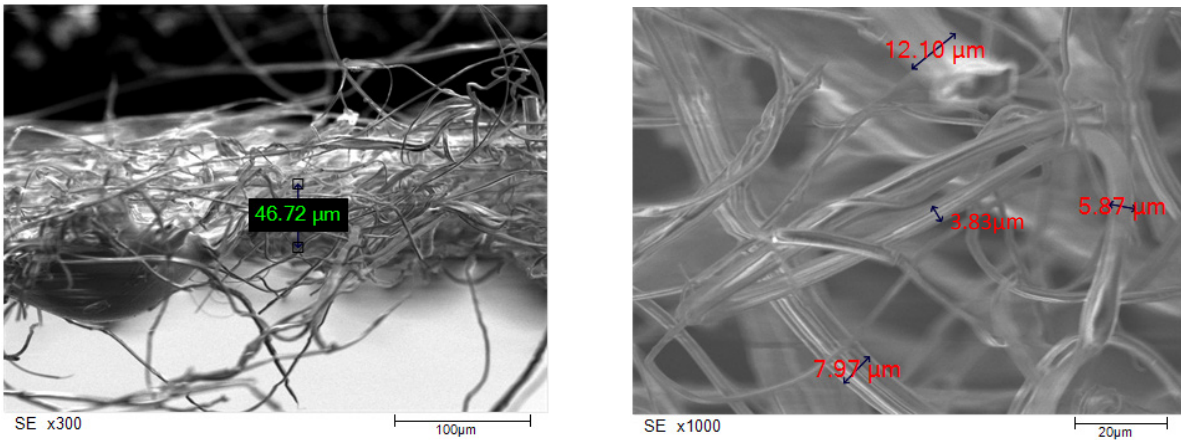


图 5. 普通口罩中熔喷布（滤纸）拉断后的形貌及纤维形貌

不同国家对防护口罩分级标准的制定及要求不尽相同，按照国内市场及海外代购可以买到的型号，一般防护级别：FFP3>FFP2>N95=KN95=DS2>KF94>KN90>FFP1> 普通口罩。使用电子探针 EPMA 对几类口罩中的熔喷布进行了观察。可以看到，某厂生产的欧标 FFP3 和 FFP1 的纤维尺寸和孔隙率相当，最大的区别在于熔喷布的厚度。除了熔喷布之外，FFP3 还有更多层的聚丙烯纺粘布（spunbonded polypropylene），这也会提升防护口罩的过滤性能。

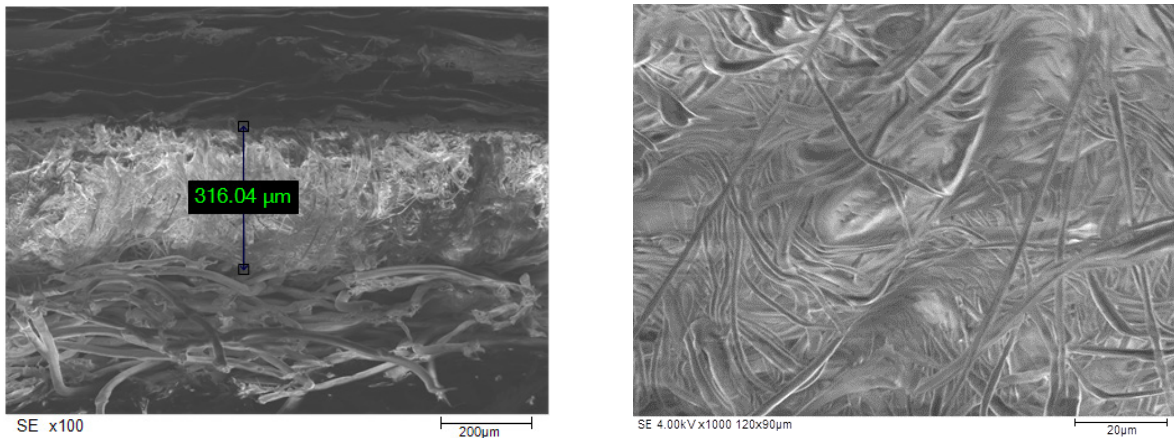


图 6. FFP3 中的熔喷布厚度及细纤维细节

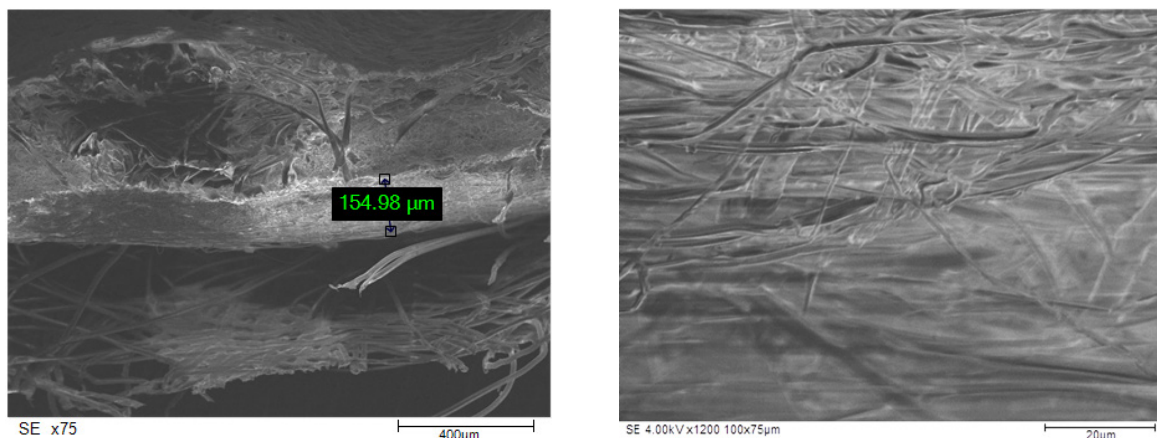


图 7. FFP1 中的熔喷布厚度及细纤维细节

## ■ 结论

综上所述，使用岛津的 AGS-X 1KN 电子精密万能试验机，配合岛津 1KN 气动夹具，能够根据《FZ/T 60006-91 中华人民共和国纺织行业标准 - 非织造布撕破强力测定》中的要求准确测试熔喷布层材料试样的拉伸强度，以保证产品能够达到相关行业标准的要求，有望在品质控制与材料开发方面提供可靠的测试数据与解决方法。同时，使用岛津电子探针纤维分析仪 EPMA-1720 对拉断口的微观形貌进行了观察，结果显示，相对于普通口罩，医用口罩熔喷布的厚度更厚，并具有更细小更致密的微观纤维构造，所以过滤性能更好，综合力学性能也更突出，可以满足医护人员更高级别的防护需求。

岛津应用云

