



Precision Fiber Direct Writing Platform

TL-Trinity

微纳纤维精密直写平台

熔体静电直写 · 近场溶液直写 · 高压静电纺丝



什么是“纤维轨迹直写”？

将一根连续微纳纤维

沿程序设定的轨迹精准铺放，
构筑有序的二维或三维结构。

不是材料逐点堆积，
而是连续单丝按轨迹有序排布。

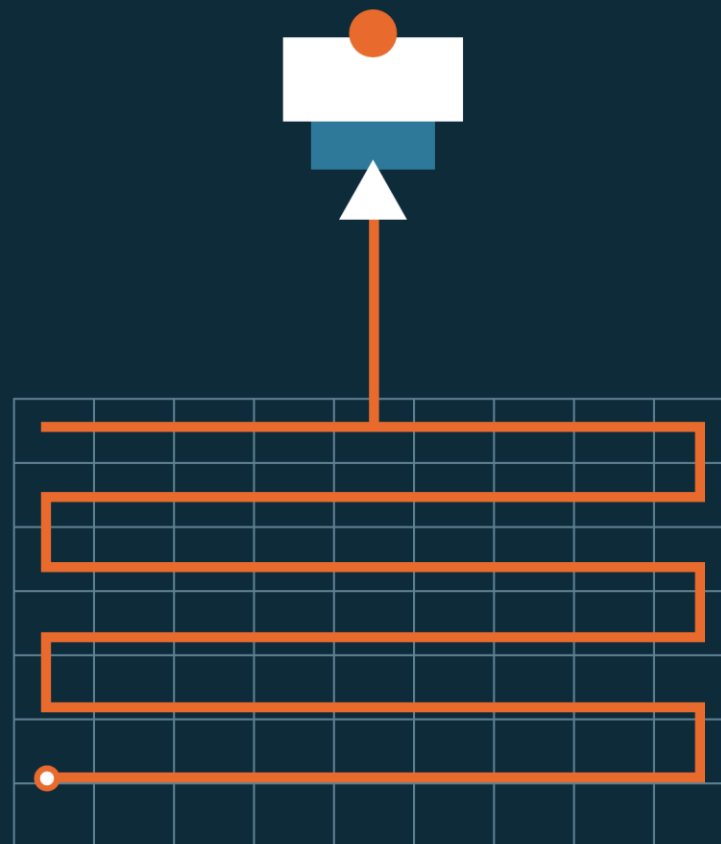
连续纤维轨迹直写

单丝循迹 · 有序成形

One Continuous Fiber. Precisely Placed.

CONTINUOUS-FIBER PATH WRITING

ONE FILAMENT / ONE PATH / ORDERED STRUCTURE



连续出丝 — 程序循迹 — 有序成形

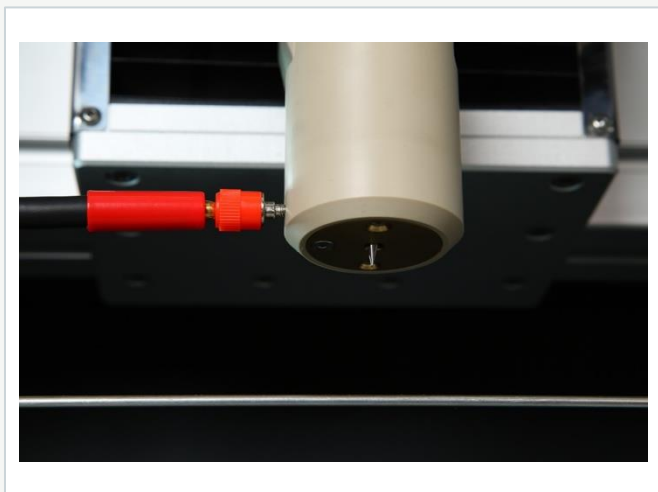
01

02

03

同一平台，覆盖三种工艺

减少重复设备投入，让材料、结构与工艺在同一坐标体系内快速切换。



熔体静电直写

可控微米纤维
规则2D/3D支架

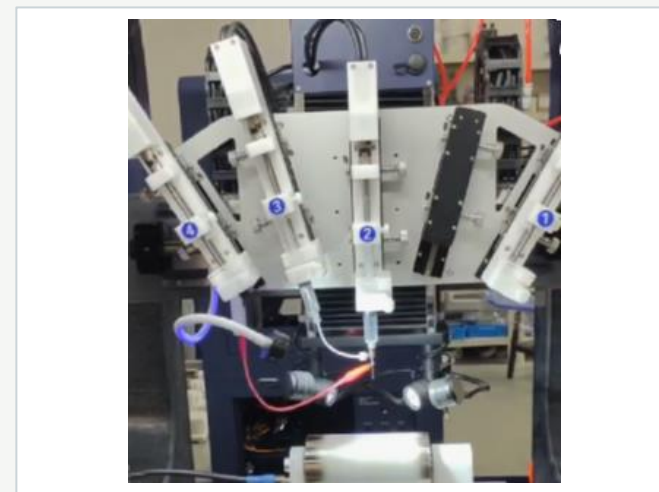
无溶剂工艺



近场溶液直写

连续直线与曲线
溶液与复合体系

精密微量供液



高压静电纺丝

纳米/微米纤维膜
多喷头与多收集器

多结构配置

研究价值不止是“三合一”

01

材料窗口更宽

从低温生物材料到高温工程聚合物，匹配不同加热与供料模块。

02

结构尺度连续

从有序微纤维支架到随机纳米纤维膜，覆盖多尺度结构研究。

03

样品形态更自由

支持平面、旋转芯轴、管状、曲面及逐层堆积。

04

实验路径可编程

CAD、STL、图像与参数化网格转为可执行运动路径。

一个研究平台

连接材料配方、射流行为、路径设计、力学性能与生物学结果。

适合探索性研究、方法开发、工艺窗口筛选与跨学科共享平台。

连续纤维直写技术正在进入更多交叉研究领域

01

组织工程与再生医学

肌腱、软骨、骨、神经与肌肉支架

02

管状组织与植入结构

血管、气管、导管与流体调控支架

03

功能复合材料

压电、导电、磁响应与颗粒增强体系

04

创面与药物递送

多孔贴片、抗菌涂层与载药结构

05

软体器件与响应材料

液晶弹性体、柔性驱动与可编程形变

06

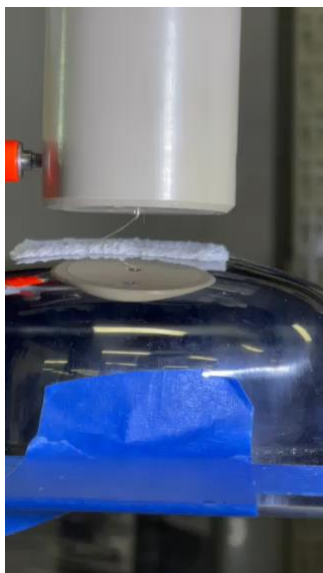
生物制造与混合工艺

水凝胶、细胞、静电纺丝与3D打印组合

应用方向取决于材料、结构设计、后处理和验证体系；设备提供的是可控制造基础。

熔体纤维静电直写：无溶剂的有序微纤维制造

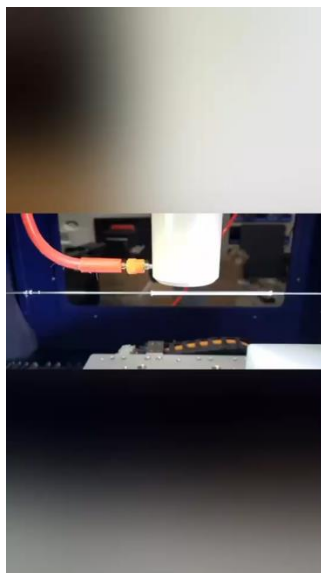
聚合物熔体在高压电场中被牵伸，并由精密运动平台按路径沉积。



曲面PCL支架

1-100 μm

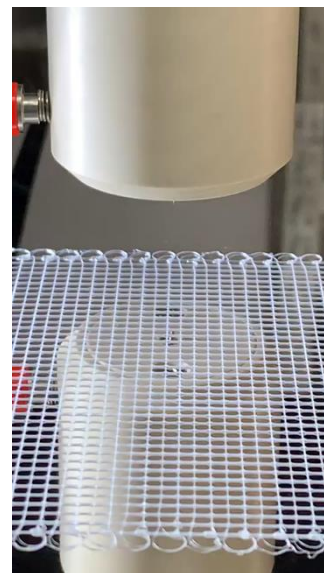
纤维直径范围



管状/芯轴结构

2D / 3D

规则路径与逐层堆积



平面多层规则网格

无溶剂

适合熔融聚合物体系

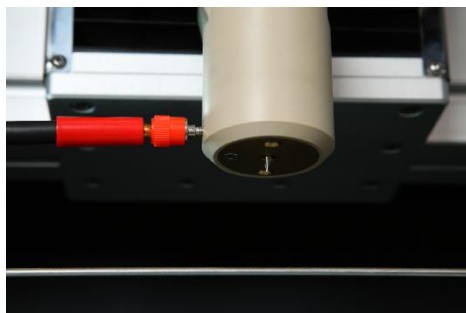
三档熔体喷头，覆盖不同材料温区



低温喷头

室温至约200°C

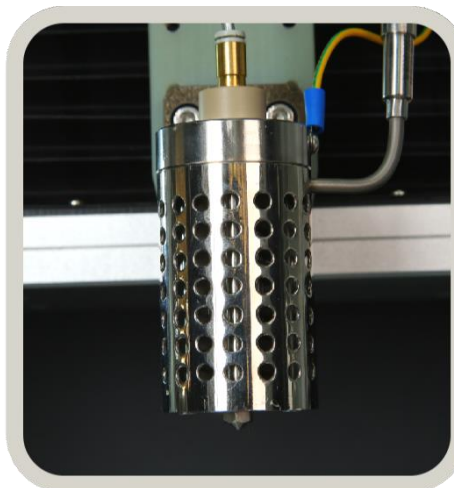
5 ml 玻璃注射器



低温喷头细节

喷头可直接加载高压

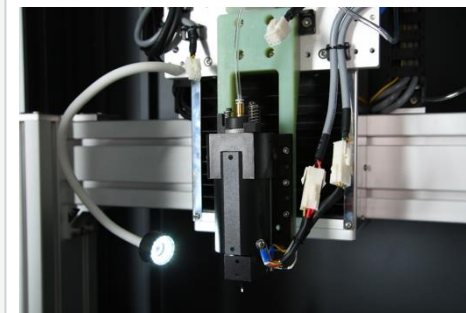
多种针头尺寸



中温喷头

室温至约300°C

针筒/针尖双区加热

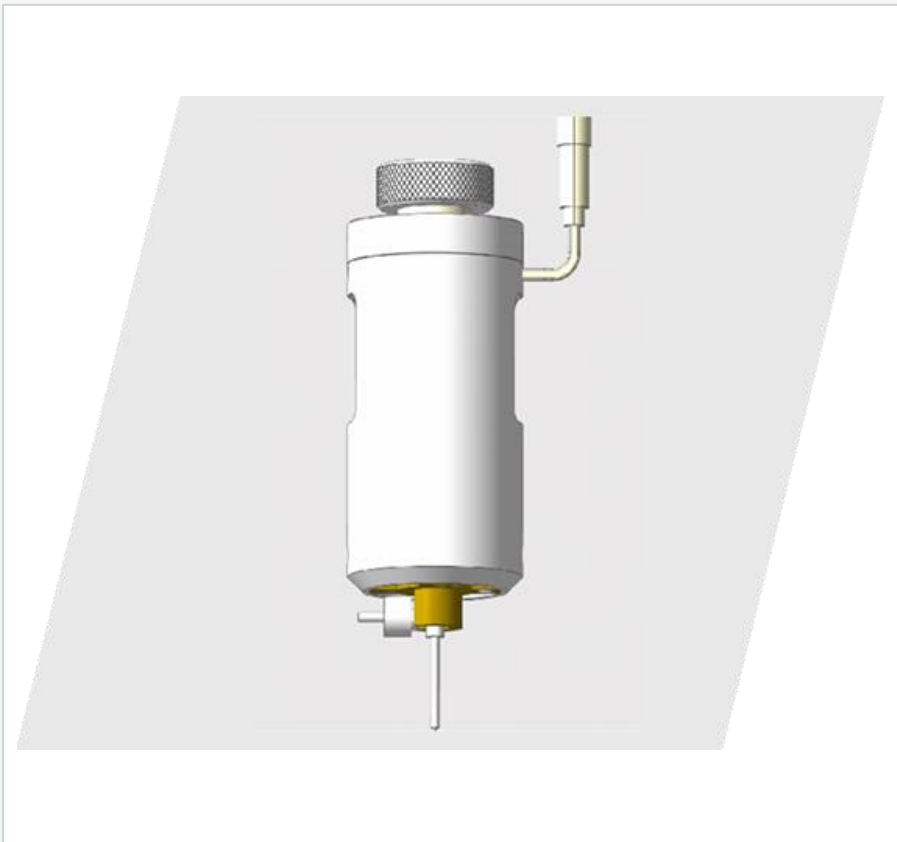


高温喷头

室温至约400°C

不锈钢或陶瓷料筒

高温材料需要稳定的热管理与供料



惰性气体与气瓶配置以具体方案为准。

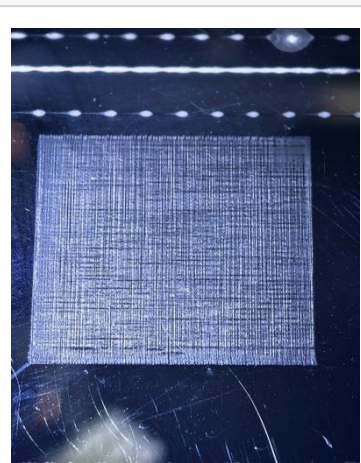
热风同轴保护

- 外层加热约25-120°C
- 减少环境影响与过早固化
- 适配高温熔体喷头

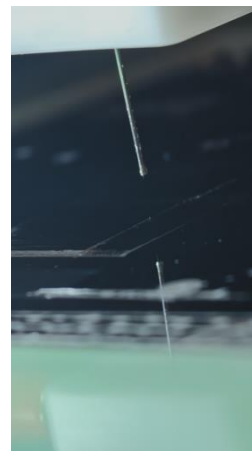
气压推进

- 三级压力控制分辨率
- 气泵或惰性气体推进
- 适合热敏或易降解材料

近场溶液直写：连续轨迹与柔性材料体系



规则膜结构



连续纤维轨迹



柔性打印样品

1-45 μm

玻璃针头直径范围

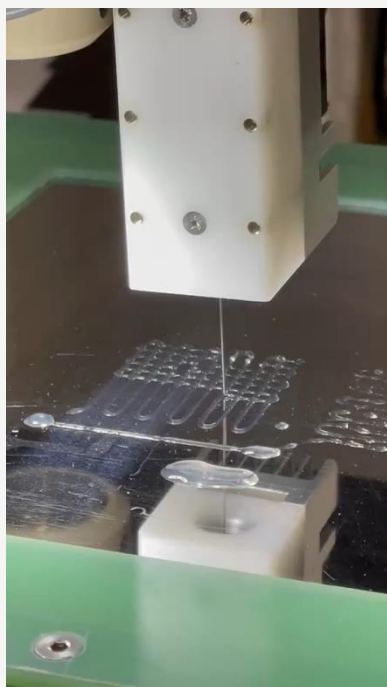
0.01-99.9 mL/h

供液速度

直线 / 曲线

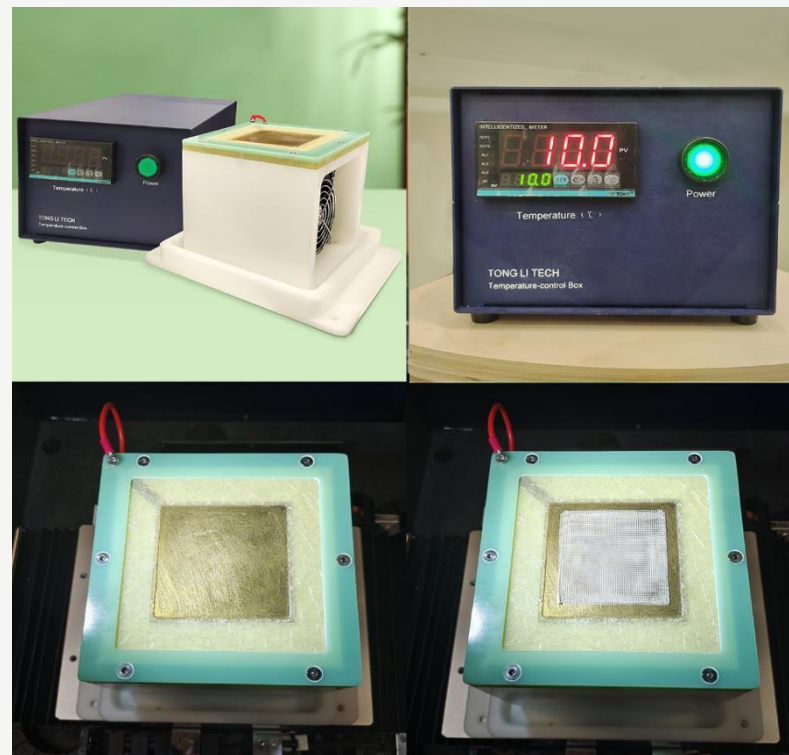
连续可编程轨迹

低温喷头+冷台（水凝胶精密直写）



低温水凝胶喷头

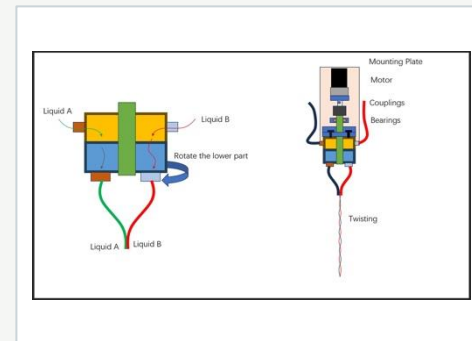
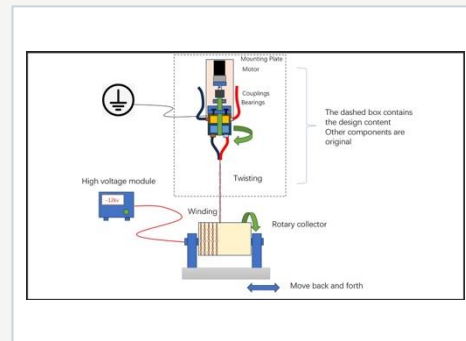
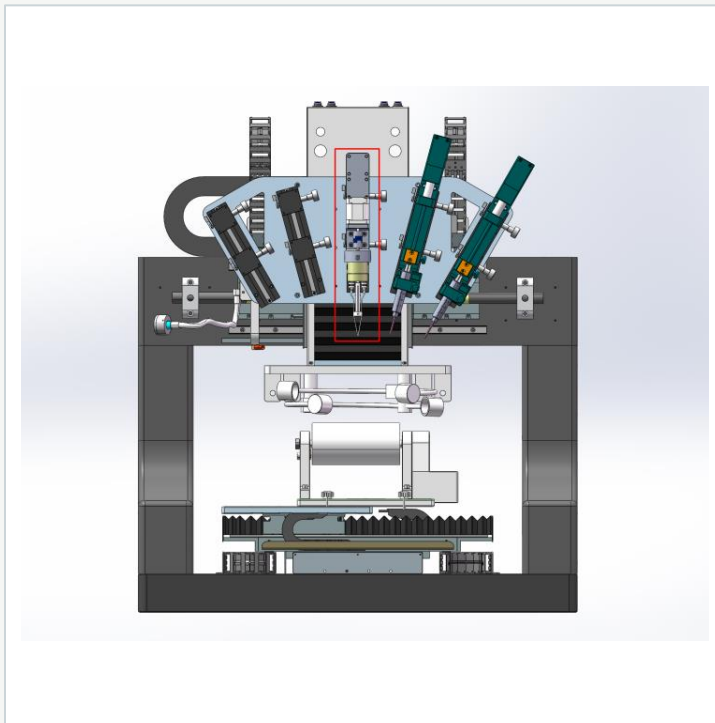
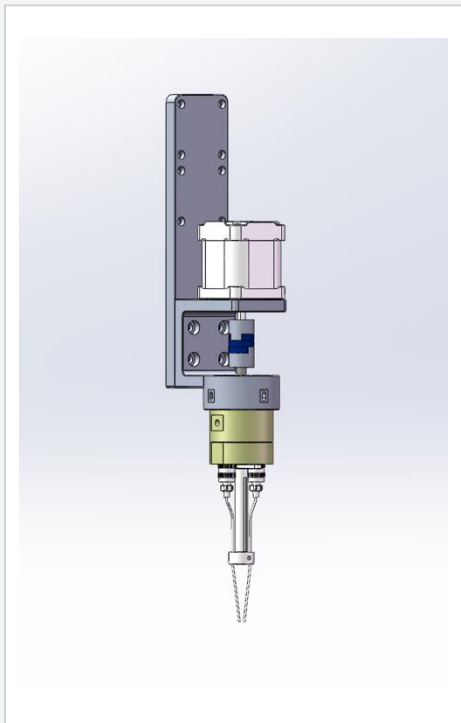
室温至约37°C；喷嘴规格可选。



室温 至 -4°C 尺寸: 100×100 mm

旋转并肩喷头

双组分溶液直写，纤维旋转加捻，为复合纤维增加结构自由度



双通道同步挤出

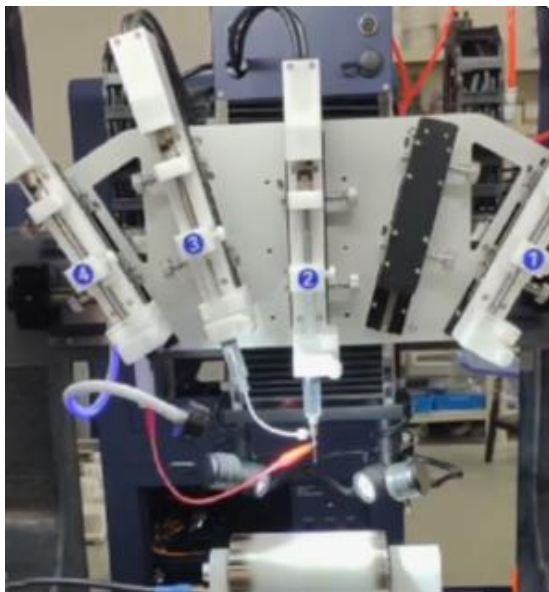
支持两种溶液形成复合纤维

1-100 rpm

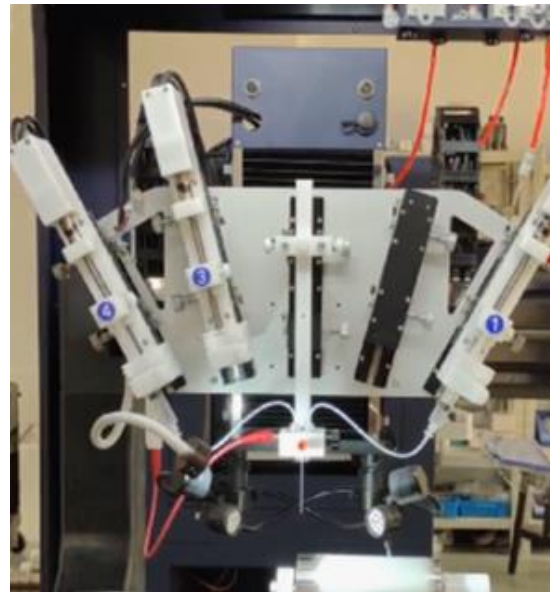
旋转速度范围，数显可调。

适合探索扭转、复合与多组分纤维结构。

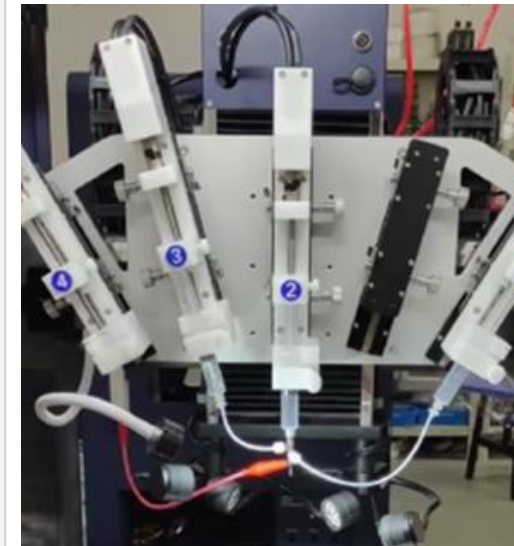
静电纺丝，制备致密纳米纤维膜



单喷头



并肩喷头



同轴/三同轴喷头

不同喷头用于核壳、并列或多层复合纤维研究；具体通道和针头组合按配置确认。

收集器决定样品形态，也决定研究边界



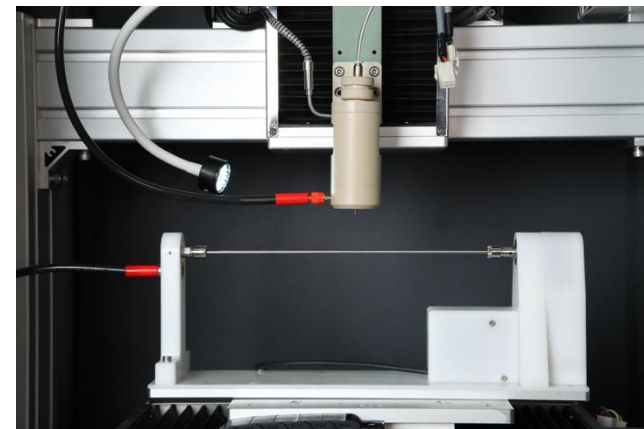
旋转滚筒收集

滚筒 $\varnothing 76 \times L 150$ mm



搭配X-Y运动的平板收集

平板 200×200 mm



旋转细轴收集

$\varnothing 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6$ mm
任意直径可定制

复杂曲面，也能保持精准的纤维轨迹

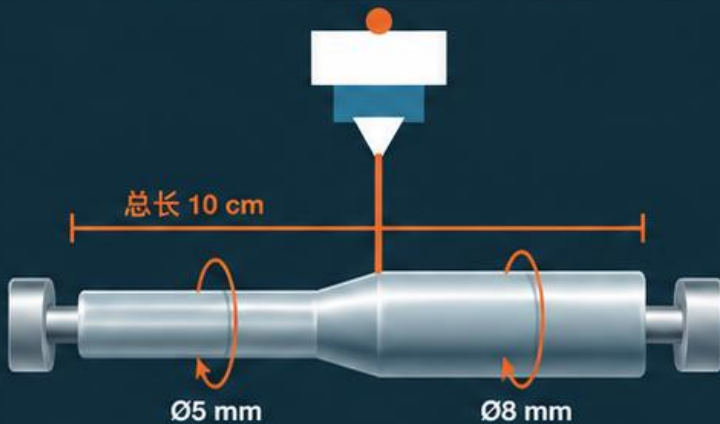
曲面扫描与恒定接收距离控制，使设备可在半球、变径轴、球囊支架等表面实现精密直写。

SURFACE-FOLLOWING DIRECT WRITING

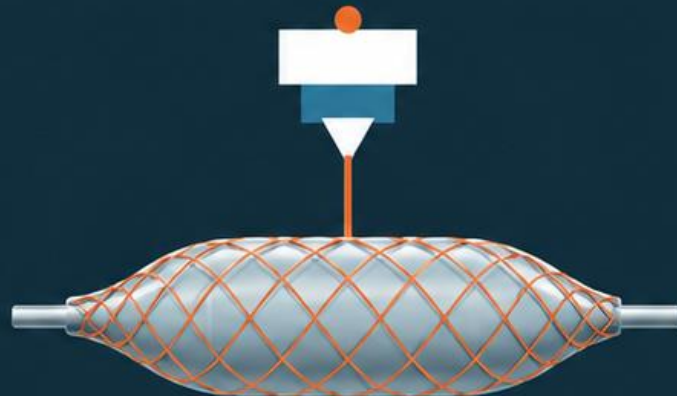
曲面扫描 × 距离锁定 × 多轴协同



半球曲面
连续曲率表面



变径旋转轴
5 cm·Ø5 mm → 5 cm·Ø8 mm

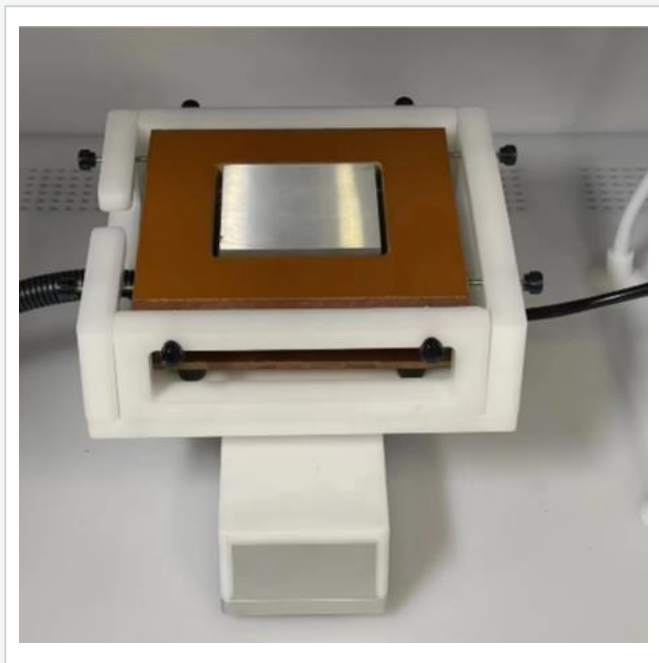


球囊 / 管状支架
扩张曲面上的交叉纤维网格

复杂几何，不改变纤维的有序性。

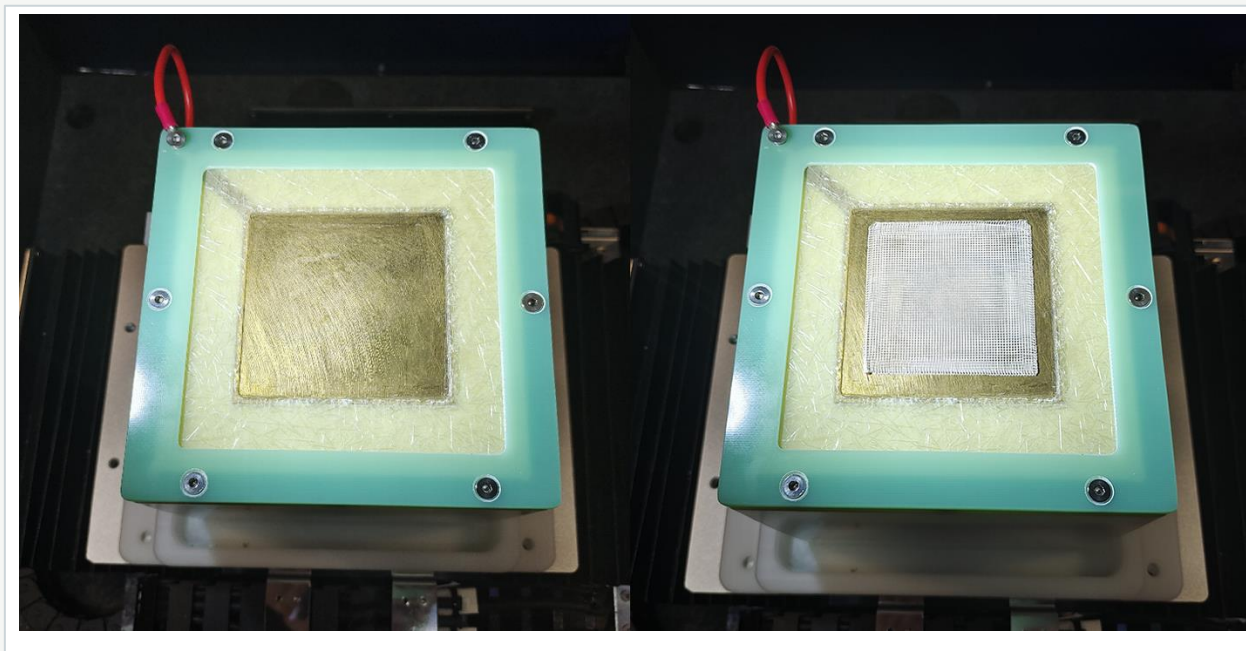
曲面扫描 → 距离锁定 → 轨迹补偿 → 精密直写

温控接收平台，为热敏与快速凝固体系提供条件



加热收集器

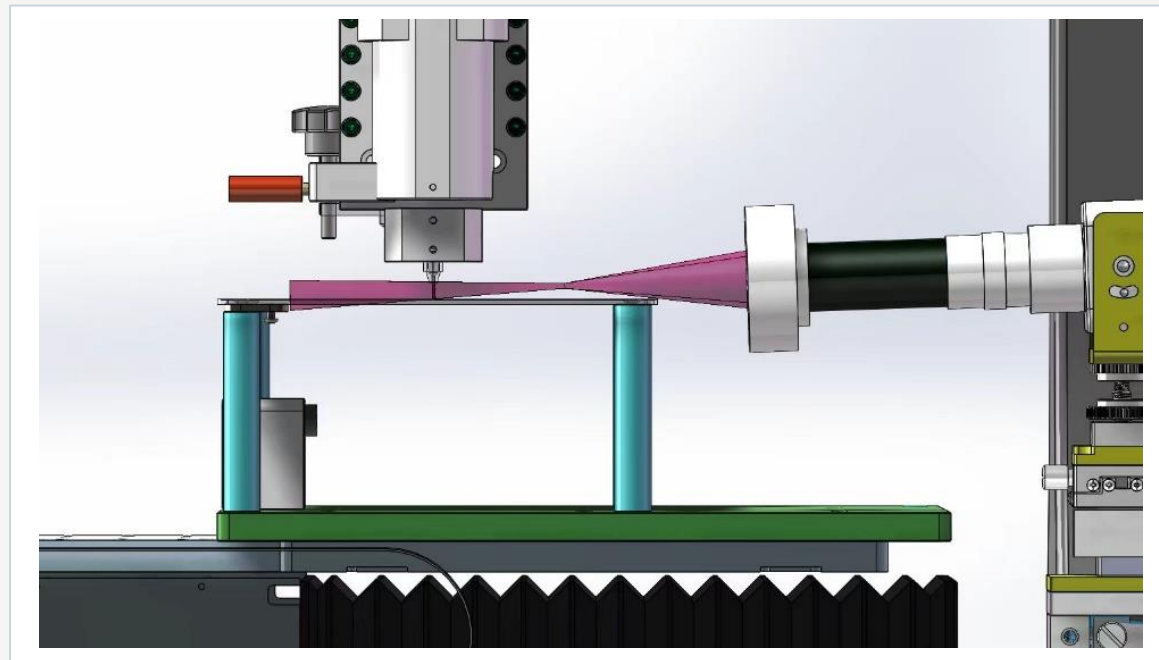
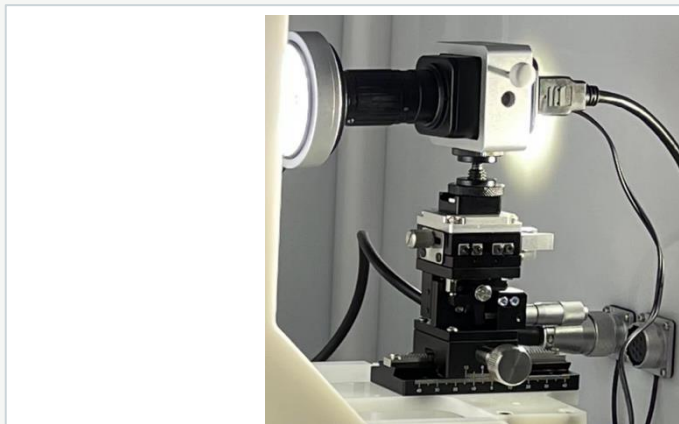
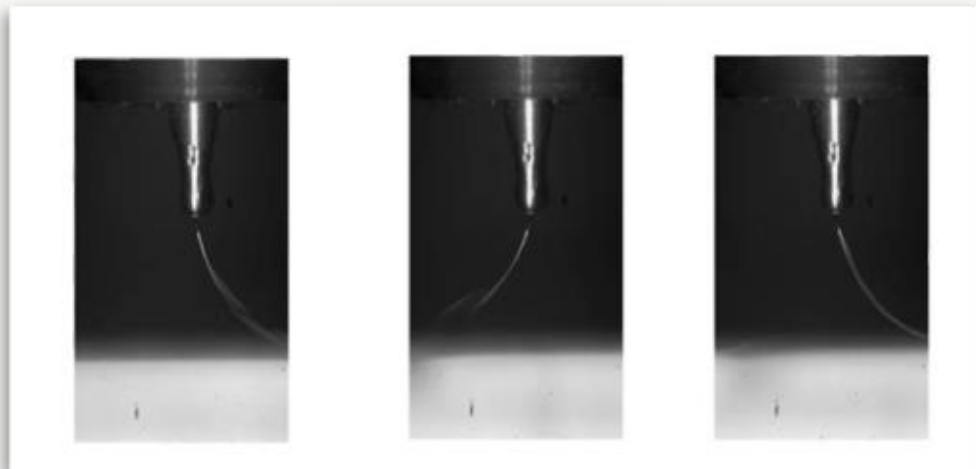
室温至约120°C
有效尺寸180 × 180 mm



低温冷台收集器

室温至约-4°C；有效尺寸100 × 100 mm
10°C下防结霜、防结露

在线视觉系统，实时观察射流



可调焦距，记录材料拉丝和射流过程。

任意定制工艺——无需高压静电，沉积与固化同步完成

气泵或微量泵定量推出可光固化熔体或溶液，四组UV灯在打印过程中同步完成原位固化。

PNEUMATIC DIRECT WRITING + IN-SITU UV CURING

气压挤出 + UV 原位固化

本工艺不使用高压静电。气泵将可光固化材料稳定、定量地推出喷头，沿预设轨迹沉积；UV灯同步照射，使材料在打印过程中快速固化。

稳定供料

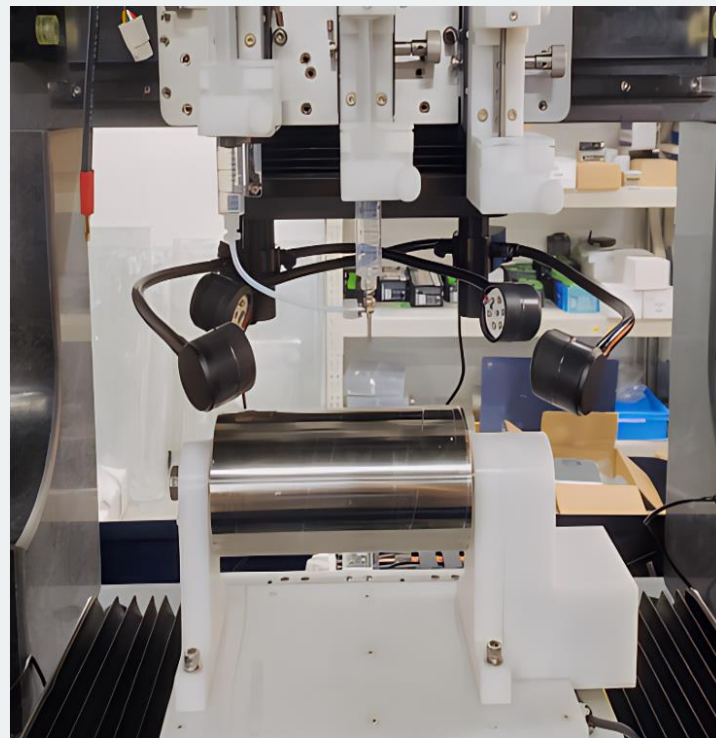
气泵驱动材料挤出，流量可按工艺要求调节。

同步固化

四组UV灯协同照射，提高固化效率并缩短成形时间。

灵活定制

UV灯波长、功率与规格可按材料和工艺需求配置。



气压供料 → 定量挤出 → 路径沉积 → UV 原位固化

精密运动平台，实现可重复路径的基础

X（上轴） / Y（下轴）

>180 mm 行程
最高200 mm/s
定位精度 $\pm 2 \mu\text{m}$

Z 轴

>80 mm 行程
最高50 mm/s

结构

大理石平台；X/Y直线电机；Z伺服电机。



温度、气压与进样参数统一程序控制

四通道加热、三档气压精度与双通道液体进样协同运行，满足不同材料和打印工艺需求。

FOUR-CHANNEL PROGRAMMABLE HEATING

四通道程序控制加热系统

CH 01	RT-150°C	四段阶梯升温 每段时间独立设置，均匀升温，避免原料因升温过快而变质。
CH 02	接收板	接收板加热控制 用于接收区域温度调节，配合材料沉积与固化工艺。
CH 03	RT-400°C	高温加热通道 加热范围：室温至400°C。
CH 04	RT-300°C	独立加热通道 加热范围：室温至300°C。

TOUCHSCREEN PRESSURE CONTROL

三档气压控制精度

通过触摸屏直接调节输入气压。

0.1

0.01

0.001

MPa / 三档可选

DUAL-CHANNEL LIQUID FEEDING

双通道独立控制

0.01-99.9

mL/h

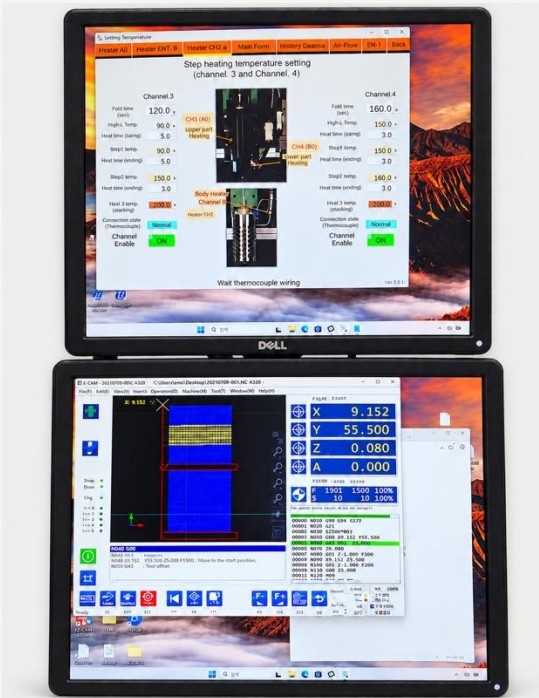
适配 10 mL / 20 mL 注射器

Temperature Control — Translated Presentation View				
	CH1	CH2	CH3	CH4
Measured Temp.	0.0	0.0	279.9	294.8
Setpoint 1	60.0	128.0	180.0	120.0
Ramp Time 1	6.0	5.0	3.0	5.0
Setpoint 2	90.0	180.0	175.0	180.0
Ramp Time 2	5.0	5.0	5.0	3.0
Setpoint 3	120.0	220.0	225.0	230.0
Ramp Time 3	5.0	6.0	5.0	3.0
Setpoint 4	140.0	270.0	280.0	295.0
Ramp Time 4	12.0	10.0	10.0	5.0
Thermocouple	FAULT	FAULT	CONNECTED	CONNECTED
Heating Status	HEAT OFF	HEAT OFF	HEAT OFF	HEAT OFF
Heater Switch	HEATER OFF	HEATER OFF	HEATER ON	HEATER ON
Autotune	AUTOTUNE OFF	AUTOTUNE OFF	AUTOTUNE OFF	AUTOTUNE OFF
			LIMITS	MICRO PUMP

双界面控制软件

工艺参数与多轴运动分别显示，便于同步监控与操作。

双屏协同操作



两块独立显示器分别呈现工艺参数与运动执行状态，操作信息可同时查看。

温控与工艺控制



各加热通道支持分段设定温度、保温时间、热电偶连接状态及输出开关。

运动与 G-code 控制



显示预览、X/Y/Z/A 轴坐标、进给状态，并支持逐行执行 G-code 程序。

图形导入、路径生成与多轴运动一体化控制

兼容 CAD 与 STL 文件，并将照片、扫描或手绘图形快速转换为可执行打印路径。

CONTROL PLATFORM

EdingCNC 控制系统

CNC4.03 控制软件

多格式设计文件直接导入

2D	CAD 文档	平面图形
2.5D	CAD 文档	分层路径
3D	STL 文档	三维模型

文件导入后，可继续编辑路径、速度与打印参数。

PATH GENERATION & PLANNING

从任意图形到打印路径

A 2D GRAPHICS EDITOR

任意图形转路径

照片、扫描、手绘或电脑绘制图形均可识别并转换为打印路径。

B PARAMETRIC GRID

网格参数化生成

打印组织工程网格时无需制作 CAD，输入关键参数即可生成路径。

C SPEED PLANNING

阶梯化速度规划

可为不同图形、区域或路径段设置不同打印速度并程序执行。

G-CODE MAKER

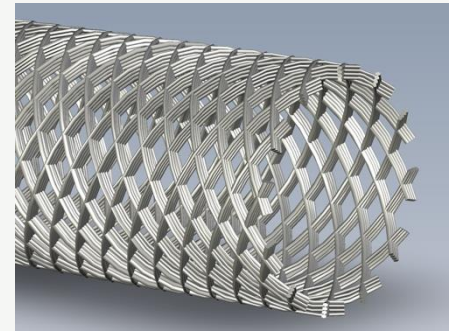
G代码制作与多轴执行

将图形路径、打印速度与工艺参数转换为 G 代码，驱动多轴系统稳定执行。

无需复杂建模，也能快速完成规则网格或自定义图形的打印程序制作。

模板生成、路径仿真与批量打印一体化

从基础结构建模到G代码输出，减少重复操作，并支持参数筛选、热身路径和多图形堆叠。

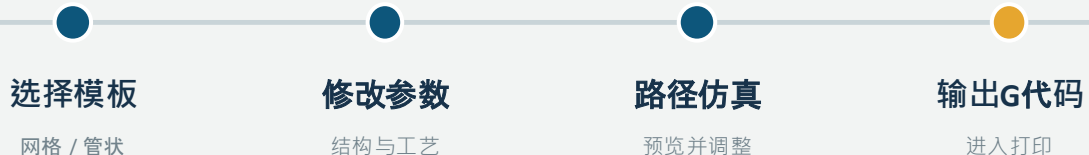


PARAMETRIC TEMPLATE + PATH SIMULATION

网格与管状结构，修改参数即可生成

软件内置网格、管状结构基础模板。修改结构与打印参数后，可直接生成图形；通过试运行仿真预览打印路径，确认效果并继续调整。

G-CODE WORKFLOW



先仿真，再打印；路径效果可预览、可修改。

AUTOMATED PRINT PREPARATION

批量参数与路径自动准备

PARAMETER SWEEP

梯度参数·批量打印

一次设置多组参数并打印多个图形，用于筛选合适工艺；也可连续打印多个成品。

WARM-UP ZONE

打印热身区

正式实验前先完成热身打印，待出料均匀后自动进入目标路径。

STACKED GEOMETRY

多图形堆叠打印

不同图形可按顺序堆叠；每次切换图形前均可设置独立热身过程。

安全系统



急停按钮

操作者可快速触达



电源自动保护

过压、过流自动断电



开门断电

机箱门开启时关闭高压

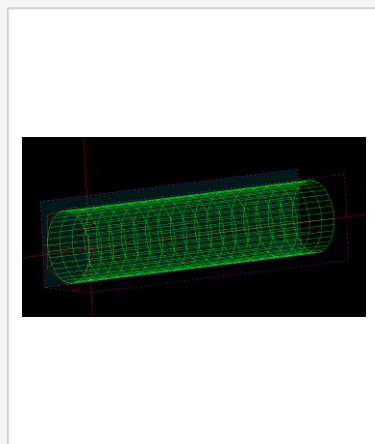


多点接地

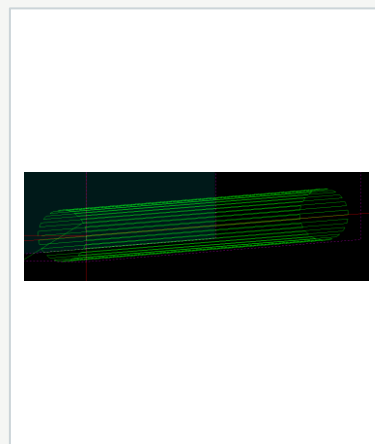
机箱、电源、泵与收集器

安全系统不能替代实验室风险评估、材料兼容性审核和规范操作。

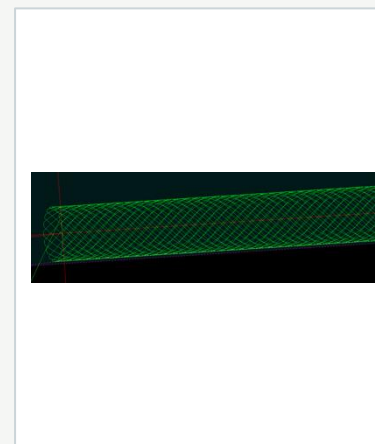
管状支架，从路径设计到实体结构



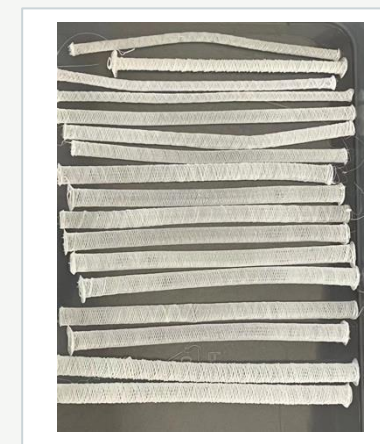
参数化模型



轴向路径



交叉路径



打印实体

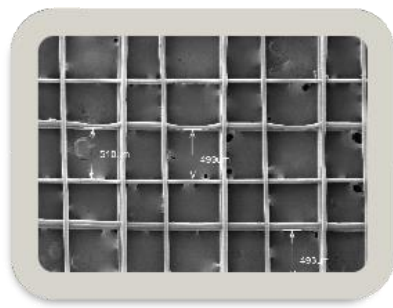
路径可通过参数快速生成，减少人工逐线绘制。

旋转轴、纤维角度、间距和层数共同决定管状结构的孔隙、顺应性与力学响应。

规则路径可以形成多种宏观样品形态



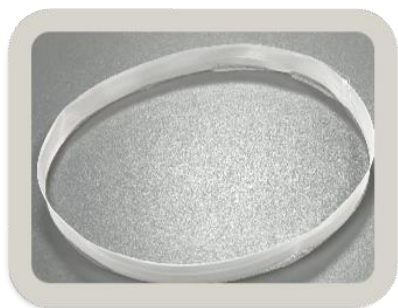
纤维束



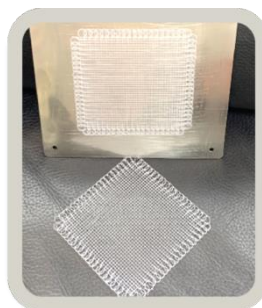
规则网格



柔性叠层



环形样品



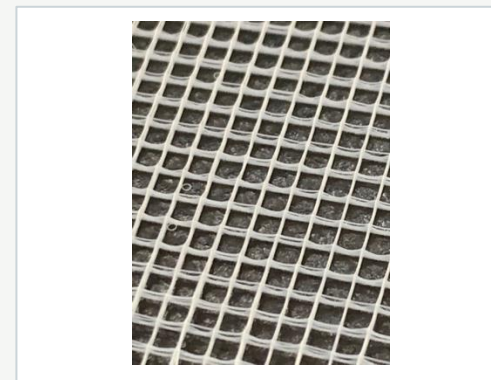
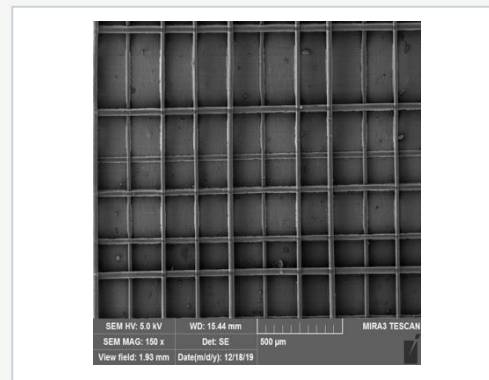
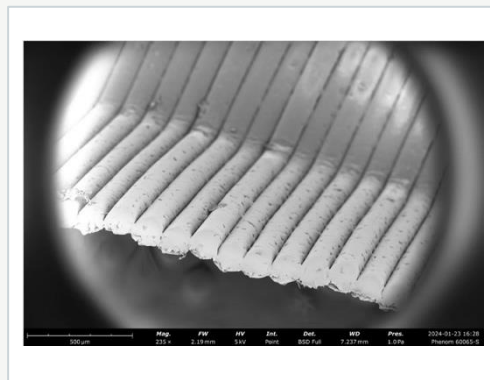
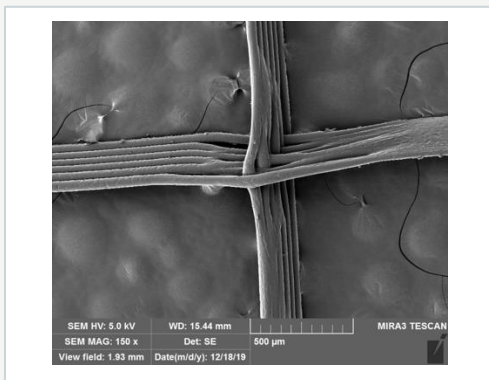
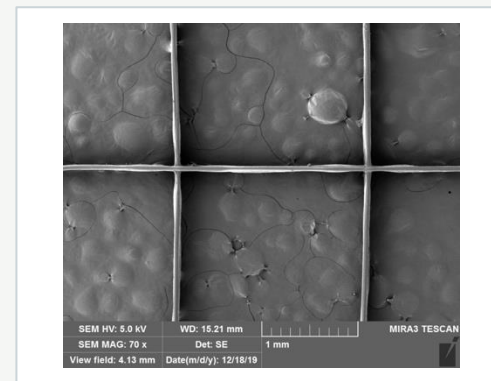
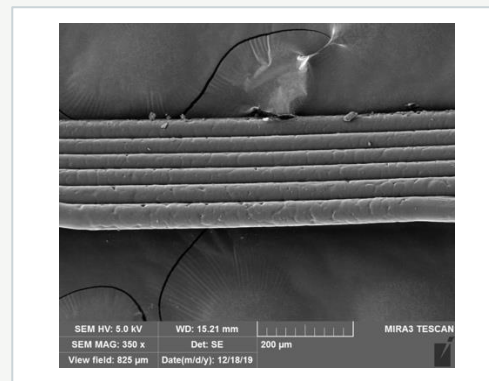
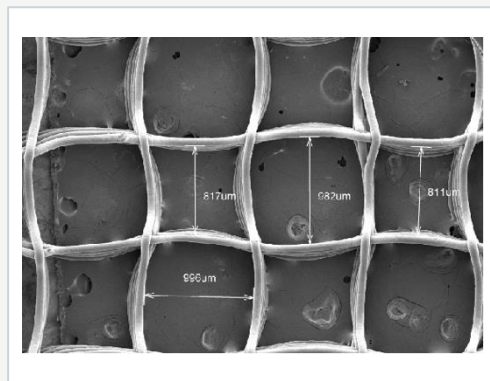
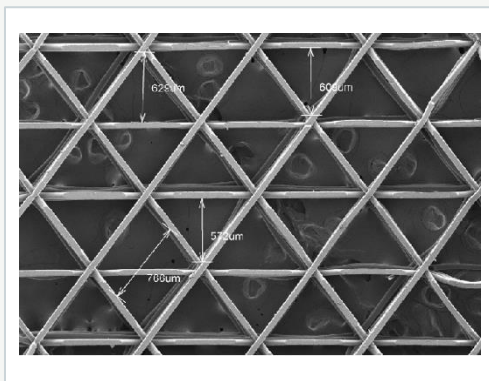
多层支架



平面膜结构

样品形貌与性能取决于材料、喷头、参数、环境和后处理。

显微结构揭示纤维堆叠与交叉界面



从交叉节点、纤维融合到层间偏移，显微结果可用于反向优化工艺窗口。

关键技术参数一览

工艺	熔体静电直写 / 近场溶液直写 / 高压静电纺丝
熔体温区	室温至约200°C / 300°C / 400°C（按喷头）
近场供液	0.01-99.9 mL/h；玻璃针头1-45 μm
运动平台	X/Y > 180 mm，最高200 mm/s，定位精度±2 μm
Z轴	>80 mm，最高50 mm/s
旋转收集	滚筒Ø76 × 150 mm；细轴Ø1-6 mm；0-600 rpm
温控收集	加热至约120°C；低温冷台至约-4°C（选配）
软件	CAD / STL / 图像转路径；参数化网格；可编程速度

规格以最终配置单
为准

不同材料、喷头、收集
器和选配模块会改变可
用工艺窗口。

建议在采购前完成材料与
目标结构确认。

从研究问题出发配置，而不是简单堆叠模块

标准研究基础

- 三种电写工艺
- 精密运动平台
- 基础喷头与平板收集
- 软件与安全系统

按材料扩展

- 低/中/高温熔体头
- 惰性气体推进
- 低温水凝胶头
- UV固化模块

按结构扩展

- 旋转/加热/低温收集
- 曲面扫描与跟随
- 同轴/并肩/三轴喷头
- 旋转加捻喷头

配置确认建议：材料热历史 → 目标纤维尺度 → 样品几何 → 收集方式 → 环境与后处理 → 验证方法

TL-TRINITY

微纳纤维精密直写平台

把研究设想 写成可验证的微纳结构

从材料窗口、工艺参数到纤维轨迹，
让每一次探索都能够被清晰呈现与验证。

科研方案 · 材料窗口 · 配置选型

欢迎进一步讨论 4008-755-966

微信：18620353785 18620351631



TRINITY

PRECISION FIBER
DIRECT WRITING

SHENZHEN TONGLI
TECH CO LTD.

深圳市通力微纳科技有限公司

www.tlwnt.com