

## 第二章 静电纺丝工艺参数 对 SF/PLGA 人工血管纤维直径及形态的影响

国内外研究资料显示,众多因素可影响静电纺丝纤维形貌,包括系统参数、过程参数和环境因素等。系统参数主要有溶剂种类、溶液浓度和溶液的性质(溶液电导率、溶液表面张力和溶液粘度),过程参数主要有电压、纺丝液的流量和接收距离(极距)等,环境因素主要有温度、湿度和空气流速等<sup>[1][2]</sup>。

静电纺丝技术参数的选择主要目的是控制纤维直径大小和分布,纤维的排列形态,空间结构以及纺丝过程的稳定性。

有关 SF、PLGA 静电纺丝的研究已有很多报道。SF 的甲酸溶液、SF 的六氟异丙醇溶液静电纺丝能成功进行静电纺丝。PLGA 以六氟异丙醇<sup>[3][4]</sup>、氯仿/丙酮、二氯甲烷<sup>[5]</sup>、三氯甲烷<sup>[6]</sup>为溶剂静电纺丝也有大量的研究。但关于 SF/PLGA 共混静电纺丝还没有相关的报道。

本章将 SF 和 PLGA 溶解于六氟异丙醇制得纺丝液,并进行共混静电纺丝,研究了共混前后形态变化以及纺丝液质量分数以及电压、电场强度、极距等工艺参数对所制得的纤维形态结构的影响。用扫描电镜(SEM)观察纳米纤维的形貌并计算其直径及直径的分布,分析工艺参数对其形貌和直径影响的规律和原因,并确定较好的工艺条件。

### 2.1 实验材料及方法

#### 2.1.1 实验材料

桑蚕丝

聚乳酸-乙醇酸共聚物(PLGA)(济南岱罡生物材料有限公司, LA:GA为75:25, 相对分子质量 $1.5 \times 10^5$ )

六氟乙丙醇(HFIP)(美国杜邦公司)

无水氯化钙(中国金山县兴塔化工厂,分析纯)

无水碳酸钠(上海试剂研究所金城试剂厂,分析纯)

无水乙醇（上海化学试剂采购供应站，分析纯）

### 2.1.2 实验仪器

自制导管成型机

高压静电发生器（DW-P503-4AC 型，天津市东文高压电源厂）

微量泵（WZS-50F2 型，浙江大学医学仪器有限公司）

电子天平（Atartorius BS224S 型，北京赛多利斯仪器系统有限公司）

真空干燥箱（DZF-6051 型，上海精宏试验设备有限公司）

扫描电子显微镜（S-570 型，日本日立公司）

### 2.1.3 实验方法

#### (1) 蚕丝的脱胶

称取一定量桑蚕丝，用 0.05%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液以 1:50 的浴比（80g 废桑蚕丝、4g $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 、4000ml 去离子水）在 100℃下煮沸 30min。重复三次，放在室温通风处晾干，即得 SF。

#### (2) SF 的溶解

配制摩尔比为  $\text{CaCl}_2:\text{H}_2\text{O}:\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}=1:8:2$  的三元混合溶剂，将 SF 以 1:10 的浴比分批加入三元溶剂中，置于  $76\pm 2^\circ\text{C}$  的水浴锅内恒温搅拌，直至完全溶解即得 SF—氯化钙溶液。

#### (3) SF 溶液的透析

将 SF—氯化钙溶液倒入洁净的透析袋中，两头封口，先用流动的自来水透析两天，再用去离子水透析八次，每次一小时。之后用脱脂棉过滤掉溶液中的杂质，存入试剂瓶，放进冰箱备用。

#### (4) 再生 SF 室温干燥膜的制备

取 SF 溶液放入  $20\text{cm}\times 10\text{cm}$  的玻璃皿中，置于平坦干净的地方室温干燥 48h。

#### (5) 纺丝液的制备

将制得的再生 SF 膜与 PLGA 以不同质量比例置入六氟乙丙醇中，置入恒温水浴振荡器（水温  $26^\circ\text{C}$ ），溶解 4 天，制得不同质量分数的 SF/PLGA 纺丝液。

## 2.1.4 静电纺丝装置及原理

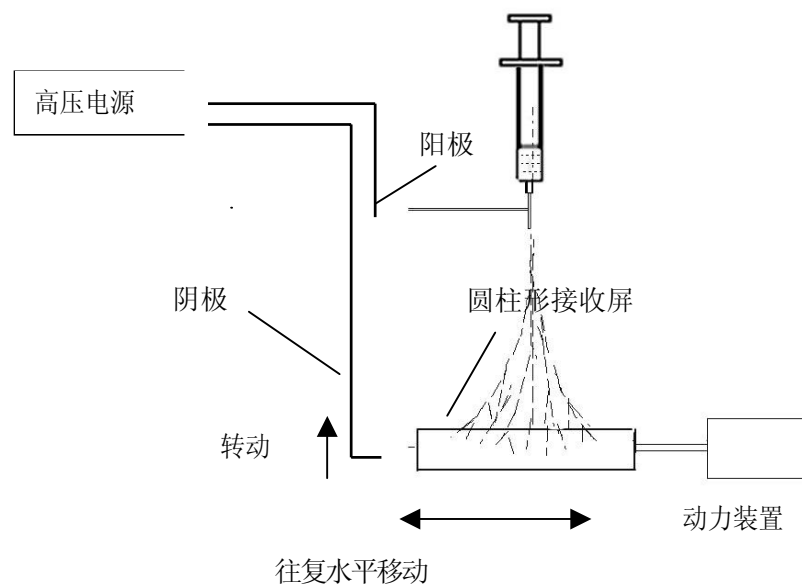


图 2-1 静电纺丝装置示意图

静电纺丝装置如图 2-1 所示，利用高压直流电源提供高压电源，正极输出的电极连接于注射器针头。圆柱形棒状接收屏（直径为 2.1mm）一端与阴极相连，另一端与具有旋转和平行动程的动力装置导管成型机相连。导管成型机最大水平移动速度为 9cm/s，理论旋转最大速度为 2000r/min，水平和旋转速度可无级调速。

## 2.1.5 测试方法

用日本日立公司 S-570 型扫描电镜（SEM）观察其形貌。测试条件：恒温 20℃，相对湿度 65%；对电镜照片采用 Digimizer 软件测其直径，每组数据取 100 根。根据所得数据计算纤维直径的平均值及标准方差。

## 2.2 结果与讨论

### 2.2.1 SF、PLGA 共混对纤维形貌及直径的影响

固定极距 10cm，纺丝电压 15kV，纺丝速度 0.5ml/h，分别配置质量分数为 5% 的 SF/PLGA 溶液，溶剂为六氟异丙醇，SF、PLGA 质量比分别为：100:0、50:50、0:100。为了减小接收装置运动对于直径的影响，接受装置旋转速度选择为 200r/min，水平移动速度 0cm/s。实验结果如图 2-2 所示。