

静电纺丝法制备纤维素纳米纤维的研究进展

史杏娟¹, 蔡志江^{1,2*}

(1. 天津工业大学纺织学院, 天津 300387;

2. 先进纺织复合材料教育部重点实验室, 天津工业大学, 天津 300387)

摘要:纤维素纳米纤维很好的结合了纤维素的重要属性和纳米材料的各项特性,但纤维素大分子之间存在大量氢键,使得纤维素较难溶于普通溶剂,导致通过静电纺丝法直接制备纤维素纳米纤维具有一定的难度。而先采用静电纺丝法制备纤维素衍生物纳米纤维,再对纤维素衍生物纳米纤维进行水解也是制备纤维素纳米纤维的一种有效方法。本文对近年来这两种纤维素纳米纤维制备方法的研究进行了综述,并对静电纺制备纤维素纳米纤维的发展前景做出了展望。

关键词:静电纺丝;纤维素;纳米纤维

引言

静电纺丝法是一种使用高压静电制备纳米或微米级聚合物纤维的方法,其装置通常由三部分组成:高压电源、注射泵和接收装置。接收装置可根据需要制成任何形状,如平板、转筒等。在静电纺丝过程中,随着纺丝工艺参数,溶液参数及纺丝环境等^[1]的不同,所制备的纳米纤维在形态结构上也存在明显的差异^[2]。静电纺丝技术制得的纤维直径小、比表面积大,且具有独特的微观结构和较高的力学强度,因此静电纺纤维在医疗、制药、过滤及电子等领域中有广阔的应用前景,静电纺丝工艺的研究已受到广泛关注^[3]。目前,通过静电纺丝法已制备出了约100种直径在40~2000nm范围内的聚合物纳米纤维^[4]。

纤维素具有生物相容性、生物可降解性以及与其它物质的高亲和力等优点,静电纺丝法制备纤维素纳米纤维已经受到研究人员的重视。但是,由于纤维素大分子之间存在大量氢键,使得纤维素较难溶于普通溶剂^[5],导致静电纺丝法直接制备纤维素纳米纤维具有一定的难度。本文概述了近年来静电纺丝法制备纤维素纳米纤维的两种方法的研究进展:(1)纤维素衍生物静电纺丝后水解制备纤维素纳米纤维;(2)纤维素溶于合适的溶剂后,通过静电纺丝法直接制备纤维素纳米纤维。此外,还展望了静电纺丝法制备纤维素纳米纤维的前景。

1 静电纺丝制备纤维素纳米纤维

1.1 纤维素衍生物水解制备纤维素纳米纤维

由于纤维素衍生物较易溶解,很多研究人员先用静电纺丝制备纤维素衍生物纳米纤维,再通过水解得到纤维素纳米纤维^[6]。

Liu等^[7,8]以丙酮、醋酸和二甲基乙酰胺(DMAc)为溶剂,对乙酰基取代度(DS)为2.45的醋酸纤维素进行静电纺丝。实验发现丙酮/DMAc比较适用于制备醋酸纤维素纳米纤维,其可纺浓度为12.5~20%(wt)。制得的醋酸纤维素纤维膜浸入氢氧化钠(NaOH)/乙醇和NaOH/水两种溶液中,浸泡时间为13min至140min不等,结果表明:通过NaOH/乙醇水解制备纤维素纳米纤维的方法更为有效,当醋酸纤维素膜在NaOH/乙醇中浸泡60min后即可得到纤维直径为100nm~450nm的纤维素纳米纤维膜,其亲

收稿:2012-12-21;修回:2013-04-07;

基金项目:天津市自然科学基金(11JCYBJC02500);

作者简介:史杏娟(1989—),女,硕士,主要研究方向为功能非织造材料开发与应用;

* 通讯联系人,E-mail:shixingjuan0510@163.com.

水性与天然纤维素相似。Son 等^[9,10]以丙酮/水混合液为溶剂,对醋酸纤维素(DS=2.45)进行静电纺丝,当醋酸纤维素溶液浓度为 17% (wt) 时得到直径为 2250nm 的醋酸纤维素纤维。然后,在氢氧化钾(KOH)/乙醇中对醋酸纤维素纤维进行水解,均匀地脱去醋酸纤维素中的乙酰基。采用扫描电镜(SEM),傅里叶变换红外光谱(FTIR)、广角 X 射线衍射仪(WAXD)、差示扫描量热仪(DSC)等仪器测试分析得到:醋酸纤维素纤维的晶体结构、热性能和形态根据脱乙酰的程度发生改变,20 min 内就完全水解成纤维素纳米纤维膜,且水解后纤维网的结构保持不变。

Ma 等^[11,12]在丙酮/二甲基甲酰胺(DMF)/三氟乙烯(3:1:1 体积比)的混合溶剂中加入醋酸纤维素(DS=2.47),制成 0.16g/mL 的醋酸纤维素溶液,通过静电纺制成纤维直径在 200nm~1000nm 范围内的醋酸纤维素膜,再将醋酸纤维素膜放入 208℃ 的烘箱中干燥 1 h。经过热处理的醋酸纤维素膜在常温下浸入 NaOH 与水/乙醇(4:1)混合溶液中 24h,通过水解除去醋酸纤维素分子中的乙酰基,从而得到纤维素纤维。图 1 为纤维素纳米纤维膜的电镜图片,(a)、(b)分别为其表面及截面形貌,水解后纳米纤维的形态没有改变,直径仍保持在 200nm~1000nm 范围内,且水解得到的纤维素纳米纤维膜具有很好的亲水性。

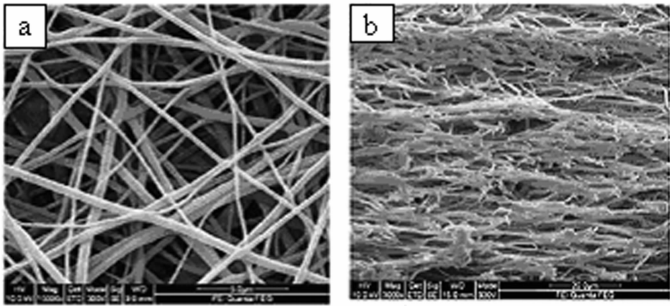


图 1 纤维素纳米纤维膜的表面电镜图(a 表面; b 截面)

Figure 1 SEM images of cellulose nanofiber membrane(a surface; b cross section)

Dixit 等^[13]将醋酸纤维素(DS=2.45)溶于 85/10/5(体积比)丙酮/DMF/水的混合溶剂中,形成 17% (wt) 的醋酸纤维素溶液。通过静电纺丝制备醋酸纤维素纳米纤维膜,将制得的醋酸纤维素纳米纤维膜在真空条件下烘干,然后在常温下浸入 NaOH/乙醇溶液中 1h,以脱去醋酸纤维素中的乙酰基。采用 SEM、FTIR、DSC 测试其各项性能,实验结果表明:60min 后醋酸纤维素纳米纤维完全水解成纤维平均直径为 500nm 的纤维素纳米纤维;水解前的纤网较为蓬松,水解后纤网中的纳米纤维靠的更紧;水解后,纳米纤维膜的断裂拉伸应力由 $0.65\pm0.1\text{MPa}$ 增加至 $0.89\pm0.1\text{MPa}$,断裂伸长率由 $33.3\pm0.8\%$ 降至 $21.2\pm1.0\%$ 。

Rodriguez 等^[14,15]使用多种溶剂进行醋酸纤维素(DS=2.45)静电纺丝,并将制得的醋酸纤维素纳米纤维膜浸泡在 NaOH/乙醇中进行脱乙酰基处理,浸泡时间分别为 5、15、35、45min 和 24h。研究发现以丙酮/DMAc(2:10)为溶剂可制得直径在 200nm~1500nm 范围内的醋酸纤维素纤维,通过 FTIR 和光电子能谱(XPS)测试分析得到,经过 24h 脱乙酰基处理后,醋酸纤维素纳米纤维膜才完全水解成纤维素纳米纤维膜,这与 Liu 等得到结论不同。并且,在静电纺丝过程中溶液流速高于 1mL/h 时制备出的纳米纤维网可以在水解后保持最初的纤网结构,流速为 0.5mL/h 时制备出的纳米纤维网在水解后则不能保持纤网的完整。

表 1 纤维素衍生物水解制备纤维素纳米纤维的比较

Table 1 Comparison of preparing cellulose nanofibers by hydrolyzing of cellulose derivatives

溶剂	乙酰基 取代度(DS)	CA 纳米纤维 直径/nm	脱乙酰溶剂	脱乙酰 时间	纤维素纳米 纤维直径	纤网变化
丙酮/DMAc	2.45	100~1000 ^[7,8]	NaOH/乙醇	60min	100~450	纤网结构不变
丙酮/水	2.45	460~23000 ^[9,10]	KOH/乙醇	20min	—	纤网结构不变
丙酮/DMF/三氟乙烯	2.47	200~1000 ^[11,12]	NaOH/水/乙醇	24h	200~1000	纤网结构不变
丙酮/DMF/水	2.45	100~1000 ^[13]	NaOH/乙醇	60min	100~1000	纤网有蓬松变得密实
丙酮/DMAc	2.45	200~1500 ^[14,15]	NaOH/乙醇	24h	—	纤网不能完全保持其完整性

通过对几种纤维素衍生物水解制备纤维素纳米纤维工艺的比较(见表1)可以看到,脱乙酰基水解处理速率取决于 OH^- 离子扩散入醋酸纤维素纤维的速率,即纤维越细,水解越快;水解时间也是影响纤维完整性的重要因素。综合而言,以丙酮/DMAc为溶剂制备出的醋酸纤维素纳米纤维直径较细,且直径变化范围较小,其脱乙酰基的时间也较短,且水解后纤网形态没有改变,水解得到的纤维素亲水性与天然纤维素相似^[7,8]。

虽然先用静电纺丝法制备纤维素衍生物纳米纤维,再对其水解是制备纤维素纳米纤维的有效方法,但其也存在弊端:(1)实验过程中研究人员无法准确掌握纤维素衍生物完全水解成纤维素的时间;(2)水解后纳米纤维各项性能及纳米纤维网的结构不能完全保持。所以,越来越多的研究人员采用静电纺丝法直接制备纤维素纳米纤维,并取得了一定的进展。

1.2 静电纺丝直接制备纤维素纳米纤维

将纤维素溶解于一定的溶剂体系是进行静电纺丝的前提^[16]。随着纤维素研究的深入,纤维素溶剂体系不断出现。目前,能溶解纤维素的溶剂体系有:四氧化二氮/二甲基甲酰胺($\text{N}_2\text{O}_4/\text{DMF}$)体系、多聚甲醛/二甲亚砜(PF/DMSO)溶剂体系、二甲亚砜(DMSO)/三乙胺/ SO_2 溶剂体系^[17]、*N*-甲基吗啉-*N*-氧化物(NMMO)溶剂体系^[18]、三氟乙酸(TFA)溶剂体系、LiCl/DMAc溶剂体系^[19]、氢氧化钠/尿素(NaOH/urea)溶剂体系^[20]和离子液体等,但是只有少数溶剂体系能成功的用于静电纺丝制备纤维素纳米纤维。

1.2.1 NMMO溶剂 Kulpinski等^[21]用17.5%(wt)的NaOH水溶液碱化云杉,从中萃取出 α -纤维素,以NMMO为溶剂,采用干-湿静电纺丝法制备纳米纤维素纤维。实验时,将纤维素/NMMO溶液放入玻璃纺丝装置并加热,实验所用的金属针头直径为0.45mm,将9~10kV的高压施加在金属针头上,在80~100℃的条件下进行静电纺丝。当溶液浓度为2%(wt)时,可制得直径小于500nm的纤维素纳米纤维。

Uppal等^[22]尝试了多种溶剂,最终成功的将 α -纤维素溶解于NMMO/*N*-甲基吡咯烷酮/水溶液中,并在外加电压28kV,接收距离为25cm,外界温度为38℃的条件下通过静电纺丝制得纤维素纳米纤维,其结晶度为37.88%。纤维素溶液浓度为1.25%(wt)时制得的纤维素纳米纤维的平均直径为207nm,而纤维素溶液浓度为2.5%(wt)时制得的纳米纤维素纤维的平均直径为243nm。

1.2.2 TFA溶剂 Ohkawa等^[23]在常温下将棉和木浆两种纤维素溶于TFA中进行静电纺丝。溶液浓度为2.0~5.0%(wt),外加电压和接收距离分别为15kV和15cm。在静电纺丝前对纤维素溶液进行粘度测定,溶液浓度为2.0、3.0、4.0、4.5和5.0%(wt)时对应的粘度值分别为67、181、620、757和1390cP。当溶液浓度为2.0%(wt)和3.0%(wt)时,由于粘度值太低,无法制得纳米纤维,得到的纤维毡基本为粉状颗粒;当溶液浓度为4.0和4.5%(wt)时可形成纳米纤维网;在5.0%(wt)时,得到由纤维直径在70~130nm之间的纤维素纳米纤维网;当浓度在5.5%(wt)以上时,溶液由于粘度过高而无法纺丝。实验制得的纳米纤维网的外观看上去像一块白色膜片,它的精细结构是由纳米级纤维组成的非织造织物。木浆纤维素/TFA溶液得到的结果与棉纤维素/TFA溶液相似,可纺浓度为4.0~5.0%(wt),其对应的粘度值为674~997cP。

Leyva等^[24]以小麦秸秆为原料,经化学处理将纤维素从秸秆中萃取出来,以TFA为溶剂,通过静电纺丝法制备纤维素纳米纤维。图2-A为未处理的小麦秸秆,它由纤维素纤维束组成,图2-B为小麦秸秆经化学处理后得到的纤维素,图2-C为静电纺丝制得的直径为 $270 \pm 97\text{nm}$ 纤维素纳米纤维膜。

1.2.3 LiCl/DMAc溶剂 以LiCl/DMAc为溶剂制得的纤维素溶液过于黏稠,其形成的是粘性液滴而不是泰勒锥,无法在传统的设备上静电纺丝,但通过加热溶液可以降低其粘度而不大幅的改变溶液的化学成分。Kim等^[25,26]采用聚合度为1140的纤维素溶于LiCl(8wt%)/DMAc溶剂,在室温下进行静电纺丝,制得纤维直径为250~750nm的纤维素纳米纤维。纺丝过程中以转盘作为接收装置,同时对转盘加热。纤维喷在转盘上后立即随转盘转入下方的水浴中固化。图3为纤维素浓度为1%(wt)和3%(wt)的纤维素/LiCl/DMAc溶液通过静电纺丝制得的纤维素纳米纤维膜,可以看到,低浓度的纤维素溶液得到的纤维素纳米纤维膜上有不同尺寸(10~100 μm)的不规则簇状(见图3-a),而浓度为3%(wt)的纤维素溶液(见图3-b)通过静电纺得到的纤维则没有这种现象,这表明提高溶液浓度可及时有效地除去纤维中的残余溶剂。

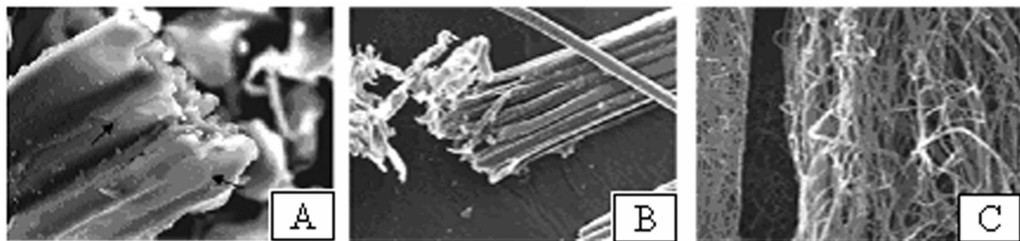


图 2 扫描电镜图

(A) 为未处理的小麦秸秆(放大倍率为 2000×);(B) 为化学处理后得到的纤维素纤维(放大倍率为 700×);

(C) 为静电纺纤维素纳米纤维(放大倍率为 7500×)

Figure 2 Scanning electron micrographs of (A) durum wheat straw without treatment (magnification 2000×), (B) cellulose fibers obtained after chemical treatment (magnification 700×), and (C) electrospun cellulose nanofibers(magnification 7500×)

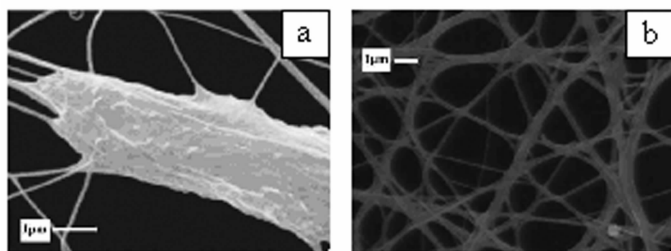


图 3 纤维素纳米纤维的电镜图(a 1wt%, b 3wt%)

Figure 3 SEM images of cellulose nanofibers (a 1wt%, b 3wt%)

Pankonian 等^[27]对纺丝设备进行了研究并改进,最终采用了一个带有光滑电位计的热风枪,使其在针头上方吹热风,并在针头的附近安装散热器来增加暴露在热气流中的液体表面积。这个装置可以通过调整来自热风枪的热气温度,从而得到所期望的溶液温度,用热电偶来测量热气温度对溶液温度的影响。实验过程中,针内的溶液温度控制在 20℃ 到 60℃ 之间,并保持低于 DMAc 的燃点(约 65℃),使用这种加热装置制得的纤维一致性较好,直径较小。通过实验发现最理想的纺丝条件为:接收距离设定为 10cm,外加电压为 20kV,溶液流速控制在 0.90~1.50mL/h 范围内,此时可制得直径低于 1000nm 的纤维素纳米纤维。

1.2.4 NaOH/尿素水溶液 Cai 等^[19]采用氢氧化锂(LiOH)/尿素、NaOH/尿素和 KOH/尿素为溶剂溶解纤维素。经过实验发现当 NaOH(7wt%)/尿素(12wt%)水溶液和 LiOH(4.2wt%)/尿素(12wt%)水溶液预冷至 -10℃ 时能迅速的溶解平均分子量分别为 11 万和 37 万的纤维素,但是纤维素不能溶解于 KOH/尿素水溶液中。Qi 等^[28]将纤维素溶于 NaOH(7wt%)/尿素(12wt%)水溶液,发现通过静电纺丝法纺出的不是纤维,而是直径为 100~300nm 的球形微粒。加入高分子量的聚乙二醇(HMPEG)或聚乙烯醇(PVA)助剂后降低纤维素溶液的粘度,增加了纤维素的纺性,可制得平均直径为 400nm 的双组份纤维。

1.2.5 离子液体 离子液体的高熔点及低蒸汽压导致常用的静电纺丝无法制备出纤维素纳米纤维,Quan 等^[29]对静电纺丝装置进行了改进:将注射器放在恒温室内,静电纺得到的纤维喷入水浴收集器。实验以 1-丁基-3-甲基咪唑氯盐(BMIMCl)为溶剂,并加入了少量 DMSO 以提高 BMIMCl 溶剂中纤维素的溶胀,降低溶液粘度。实验过程中,针尖和水浴表面的距离保持在 15cm,纺丝液的流速仅仅依靠其在磁场中的自由下落,无外加压力。试验了五种不同浓度的纤维素溶液,当溶液浓度为 4.0%(wt)时纤维直径最小约为 1000nm,在溶液中加入 0.05gDMSO 后可得到直径为 500~800nm 的纤维。

Xu 等^[30]以离子液体 1-烯丙基-3-甲基咪唑氯化物(AMIMCl)为溶剂,对天然纤维素进行静电纺丝,发现即使纤维素浓度低至 1%(wt),纤维素/AMIMCl 溶液也不具有可纺性;而加入 DMSO 为助剂后,溶

液顺利的从针头喷出,当溶液浓度及溶剂配比在合适的范围时,可制得直径在 100nm~800nm 范围内的平滑纳米纤维素纤维。

表 2 静电纺丝直接制备纤维素纳米纤维工艺比较

Table 2 Comparison of preparing cellulose nanofibers by electrospinning directly

溶剂	聚合度 /DP	原料	可纺性	增加可纺性 方法	可纺浓度 /%(wt)	纳米纤维 直径/nm
NMMO 溶剂	800	云杉	不可纺	加热	2	200~400 ^[21]
	—	α -纤维素	可纺		1.25~2.5	207~243 ^[22]
TFA 溶剂	约 230	棉、木浆	可纺		4.0~5.0	70~130 ^[23]
	—	小麦秸秆	可纺		4.0~5.5	270 $\pm$ 97 ^[24]
LiCl/DMAc 溶剂	1140	棉絮	不可纺	加热	1.3~3.0	250~750 ^[25]
	4500	原棉纤维素	不可纺	加热	2.0	~1000 ^[26]
NaOH/尿素水溶液	500	棉绒	球形微粒	加入 HMPEG 或 PVA	3.0~4.0	约为 400 ^[28]
离子液体	BMIMCl	—	可纺		1.5~5.0	500~5000 ^[29]
	AMIMCl	棉绒	不可纺	加入 DMSO	1.0~5.0	100~800 ^[30]

以上几种溶剂都适用于静电纺制备纤维素纳米纤维,但也存在各自的不足:NMMO 价格昂贵且极易被氧化,甚至有爆炸的危险;TFA 具有强腐蚀性、强刺激性且极易挥发;LiCl/DMAc 存在溶剂回收困难、对环境污染严重等缺陷;氢氧化钠强碱溶液的溶液性质受温度影响较大,且溶解纤维素条件苛刻,只在较低温度下可溶解聚合度在 500 以下的纤维素;离子液体还没有进行大规模的工业化生产,价格较高,关于离子液体的毒性还研究的比较少。通过对静电纺丝直接制备纤维素纳米纤维的工艺进行比较(见表 2),从可纺浓度及纤维直径角度考虑,以 TFA 为溶剂制备的纤维素纳米纤维直径较小,可纺浓度范围宽且在传统的静电纺装置上便可实现纺丝,操作简便。

虽然目前适用于静电纺丝制备纤维素纳米纤维溶剂较少,但采用静电纺丝法直接制备纤维素纳米纤维的方法操作简单,制得的纤维素纳米纤维直径较小,且纳米纤维的性能不会受水解的影响,所以采用静电纺丝法直接制备纤维素纳米纤维将会是制备纤维素纳米纤维的主要研究方向。

2 展望

在当今世界面临资源快速消耗、环境恶化的形势下,注重开发可再生的纤维素资源具有重要战略意义。纤维素是地球上分布最广的天然高分子,是植物纤维原料的主要化学成分,是真正意义上的可持续资源^[31]。它不仅是纺织品和木质纤维素行业的基本原料,而且在食品、制药、生物产品和农业中也发挥着重要作用。将静电纺丝法用于制备纤维素纳米纤维材料,结合了纤维素原料来源上的优势和纳米纤维功能上的优势,有利于制备环境友好的功能材料。相信随着静电纺丝工艺的不断发展,静电纺纤维素纳米纤维将会有广阔的应用前景。

参考文献:

[1] Vrieze S D, Camp T V, Nelvig A, Hagstrom B, Westbroek P, Clerck D. J Mater Sci, 2009, 44(5): 1357~1362.
[2] Herrera N V, Mathew A P, Wang L Y, Oksman K. Plast Rubber Compos, 2011, 40(2): 57~64.
[3] Mohamed B B,George K S. J Appl Polym Sci, 2008, 107(5): 3023~3032.
[4] Lu C,Chen P,Li J,Zhang Y. Polymer, 2006, 47(3): 915~921.
[5] Tejado A, Alam M N, Antal M, Yang H, van de Ven T G M. Cellulose, 2012, 19: 831~842.
[6] 赵冬梅,李坚. 高分子通报, 2011, 6: 30~42.
[7] Son W K, You J H, Lee T S, Park W H. J Polym Sci, Part B: Polym Phys, 2004, 42: 5~11.
[8] Son W K, Youk J H, Park W H. Biomacromolecules, 2004, 5: 197~201.
[9] Liu H Q, Hsieh Y L. Polym Sci, Part B: Polym Phys,2002,40(18):2119~2129.
[10] Liu H Q, Hsieh Y L. Polym Sci, Part B: Polym Phys,2003,41(9):953~964.

- [11] Ma Z W, Ramakrishna S, Ramakrishna S. J Membr Sci, 2005, 265: 115~123.
- [12] Ma Z W, Ramakrishna S. J Membr Sci, 2008, 3(19): 23~28.
- [13] Dixit V, Tewari J, Obendorf S K. Arch Environ Contam Toxicol, 2010, 59: 417~423.
- [14] Rodriguez K, Gatenholm P, Renneckar S. Cellulose, 2012, 19: 1583~1598.
- [15] Rodriguez K, Renneckar S, Gatenholm S. ACS Appl Mater Interfaces, 2011, 3(3): 681~689.
- [16] 高永峰, 袁金颖, 隋晓锋, 周密, 蔡志楠. 化学进展, 2009, 21(7/8): 1553~1559.
- [17] Isogai A, Ishizu A, Nakano J. J Appl Polym Sci, 1986, 33: 1283~1290.
- [18] Rosenau T, Potthast A, Adorjan I, Hofinger A, Sixta H, Firgo H, Kosma P. Cellulose, 2002, 9(3-4): 283~291.
- [19] McCormick C L, Callais P A, Hutchinson B H. Macromolecules, 1985, 18(12): 2394~2401.
- [20] Cai J, Zhang L. Macromol Biosci, 2005, 5(6): 539~548.
- [21] Kulpinski P. J Appl Polym Sci, 2005, 98: 1855~1859.
- [22] Uppal R, Ramaswamy G N. J Eng Fiber Fabr, 2011, 6(4): 39~45.
- [23] Ohkawa K, Hayashi S, Nishida A, Yamamoto H. Text Res J, 2009, 79(15): 1396~1401.
- [24] Leyva B M, Felix F R, Chavez P T, Wong B R, Cervantes J L, Machado D S. J Agric Food Chem, 2011, 59: 870~875.
- [25] Kim C W, Frey M W, Marquez M, Joo Y L. J Polym Sci Polym Phys, 2005, 43(13): 1673~1683.
- [26] Kim C W, Kim D S, Kang S Y, Marquez M, Joo Y L. Polymer, 2006, 47: 5097~5107.
- [27] Pankonian A, Ounaies Z, Yang C. J Mater Sci Technol, 2011, 25 (10): 2631~2639.
- [28] Qi H S, Sui X F, Yuan J Y, Wei Y, Zhang L N. Macromol Mater Eng, 2010, 295: 695~700.
- [29] Quan S L, Kang S G, Chin I J. Cellulose, 2010, 17: 223~230.
- [30] Xu S S, Zhang J, He A H, Li J, Zhang H, Han C C. Polymer, 2008, 49(12): 2911~2917.
- [31] 唐丽荣, 黄彪, 戴达松, 李玉华, 欧文, 陈燕丹, 陈学榕. 福建林学院学报, 2010, 30(1): 88~91.

Advances in Preparation of Cellulose Nanofibers by Electrospinning Method

SHI Xing-juan¹, CAI Zhi-jiang^{1,2*}

(1. School of Textiles, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387, China;

2. Key Laboratory of Advanced Textile Composite Materials of Ministry of Education,
Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387, China)

Abstract: Cellulose nanofibers combine in a very exciting manner important properties of cellulose with amazing features of nano-scale materials. While It's difficult to prepare cellulose nanofibers by electrospinning directly because cellulose is seldom soluble in common solvents owing to considerable inter- and/or intra-molecular hydrogen bonding. However, it's an effective method to prepare cellulose nanofibers using electrospun cellulose derivatives nanofiber followed by hydrolysis. This paper reviews the development of preparing cellulose nanofibers through the two methods at home and abroad. The prospect of preparing cellulose nanofibers by electrospinning has also been described.

Key words: Electrospinning; Cellulose; Nanofibers