

以纤维素为基础的功能材料

宋贤良¹, 温其标¹, 郭桦²

(1. 华南理工大学食品与生物工程学院, 广州 510640; 2. 广州市轻工研究所, 广州 510075)

摘要:纤维素的功能材料一直是人们研究的热点, 近年来又涌现出许多新型的以纤维素为基材的功能材料。本文主要综述了基于纤维素的高吸附性材料、可生物降解材料、纤维液晶材料及高性能纤维材料等功能材料的发展新动向和应用

关键词:纤维素; 功能材料; 高吸附性材料; 纤维素液晶

地球上现存的不可再生资源(如各种矿物质、石油和天然气等)的储量是非常有限的, 少则几十年, 多则百余年将被耗尽。因此, 主要依靠石油和天然气为原料合成各种功能性材料正面临着原料来源日益枯竭的困境。另一方面, 通过石油化工合成的高分子功能材料都是难于降解的, 特别是随着塑料工业的快速发展, 由塑料制品造成的“白色污染”对人类的生产和生活环境带来了极大的危害。为了解决原料短缺和环境问题, 人们逐渐把眼光转移到地球上的可再生资源上^[1]。

纤维素是地球上最丰富的可再生资源, 每年通过光合作用可合成约 1000×10^{10} t, 而且具有价廉、可降解性和对生态环境不产生污染等优点。所以, 纤维素的功能化一直是人们研究的热点。在21世纪的今天, 世界各国对环境污染问题日益关注和重视, 人们更加重视纤维素这一天然高分子材料的可生物降解性和环境协调性, 加紧对其功能性的研究和开发是十分必要的。

纤维素是一多羟基葡萄糖聚合物, 经过特定的物理或化学改性后, 具有不同的功能特性, 可以粉状、片状、膜、纤维以及溶液等不同形式出现, 因此用纤维素开发的功能材料极具灵活性及应用的广泛性^[2]。本文主要综述了基于纤维素的高吸附性材料、可生物降解材料、纤维液晶材料及高性能纤维材料等功能材料的发展新动向和应用。

1 高吸附性纤维素材料

纤维素是由 D-吡喃葡萄糖经 β -1, 4 糖苷键组成的直链多糖, 分子内含有许多亲水性的羟基基团; 是一种纤维状、多毛细管的高分子聚合物, 具有多孔性和大表面积的特性; 因此具有亲和吸附性。但是天然纤维素的吸附(如吸水、吸油、吸重金属等)能力并不很强, 必须通过化学改性使它具有更强或更多的亲和基团, 才能成为性能良好的吸附性材料。目前主要是通过酯化、醚化、接枝共聚等方法中的一种或几种, 以制备高吸水、吸油、吸附重金属等高吸附性纤维素材料。

1.1 高吸水材料

以纤维素为基质的高吸水材料一直是人们研究与开发的活跃领域。所谓高吸水是指材料的吸水能力, 通常用材料对水或盐水的保留值(WRV 或 SRV)的高低来衡量。一般说来, 普通水浆水保留值为 50%, 再生纤维素为 130%, 而纤维素高吸水材料则可达到 200%~7000% 范围。

作者简介:宋贤良(1969-21)男, 汉族, 安徽太湖人, 华南理工大学食品与生物工程学院博士研究生, 研究方向: 纤维素科学及其生物转化。
http://www.cnki.net

纤维素系高吸水材料主要采用酯化、醚化-交联、接枝共聚等方法来制备,不同方法得到的高吸水材料的吸水能力不同。Chatterjee 等^[3]采用特殊的交联剂与羧甲基纤维素(CMC)进行交联反应,制得高吸水的交联羧甲基纤维素。因为这一交联剂不但含有可交联纤维素链的活性功能团,而且含有大体积的亲水羧基,某些低交联度的 CMC 的 WRV 可高达 8000%。Kuwabara 等^[4]通过向纤维素分子链中引入羧甲基等亲水性基团,制得的羧甲基纤维素接枝型吸水材料的吸水倍数可达千倍以上。隋升等^[5]将精制脱脂棉与氢氧化钠、异丙醇、一氯乙酸钠进行碱化、醚化后,再以 *N,N*-亚甲基双烯酰胺为交联剂制得纤维状高吸水材料,其吸水倍率达 100mL/g,在 85℃ 的失水率小于 12%。林松柏等^[6]以铈盐为引发剂,微晶纤维素经碱糊化后,与丙烯腈单体接枝共聚反应制成高吸水性树脂,其吸水倍数在常温下达 450。尽管对纤维素高吸水材料的研究取得了较大的进展,但仍然存在一些亟待解决的问题,其中最突出的是阴离子型吸水材料耐盐性比较差,吸水速度慢;而阳离子型吸水材料速度快,耐盐性也较好,但吸水能力较低。因此关于纤维素吸水材料的耐盐能力和吸水速度有待于进一步研究。

目前,纤维素系高吸水材料作为一种新型功能性高聚物,已在生理卫生用品、农林园艺、土木建筑、沙漠改良、石油化工、医药、食品、包装等领域都得到广泛应用。吴卫文等^[7]将羧甲基纤维素经 *N*-羟甲基丙烯酰胺交联制得的高吸水材料与透析法结合用于蛋白质溶液的脱水浓缩,一般 6h 可浓缩 2.9~3.7 倍。张效林等^[8]用高吸水树脂作添加剂,醋酸纤维素为基质,包络高效化肥,开发出一类新型的膜包络体控制释放系统,具有多方位调控释放速率功能,有良好的应用前景。对于该类材料的选用应根据不同用途选用不同性能的纤维素系高吸水材料,用做沙漠改良剂时,宜用吸水倍率高、保湿能力强的高吸水材料;而用做一次性尿布、妇女卫生巾、医用材料的则宜采用吸水速率快、吸水后形成的凝胶强度大的高吸水材料。

1.2 吸附重金属材料

随着现代工业的快速发展,许多厂矿排出的工业废水中都含有有毒重金属或其离子,造成环境污染,危害人体健康,因此贵重金属的回收,也是世界性工业化城市面临的难题。

人们通过研究发现纤维素的某些共聚物具有同重金属吸附结合或螯合的能力,可用于海水中回收铀、金等贵重金属,或用于污水中重金属的处理^[9]。比如含有二氨基,二羧基以及与 EDTA 二酸酐交联的纤维素衍生物都可以吸取 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Ni^{2+} 等离子。最近研究还表明,其它一些改性的纤维素材料,如掺和硫、 MnO_2 的醋酸纤维素和经由二步法合成的亚氨二醋酸纤维素是选择性地吸取 Co^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Cu^{2+} 和 Pb^{2+} 的好材料^[10]。Kahovec 等用 EDTA 二酸酐与泡沫状纤维素交联,制备的 EDTA-纤维素材料能够非常迅速地吸附 Ca^{2+} 离子,其螯合物在高酸度下表现出高度的稳定性。Bunba 和 Lieser 以酚类化合物与重氮化纤维素衍生物进行偶联,其产物可选择性吸附重金属。如萘酚类偶联产物对 Ca^{2+} 、 Fe^{2+} 、 U^{2+} 的选择性吸收;此外,如含硅酸的螯合纤维素衍生物,对 Th^{2+} 和 Fe^{2+} 的吸附尤为显著^[11]。

近年来,人们利用金属化合物作为路易斯酸和纤维素上的羟基(路易斯碱)反应,破坏纤维素分子中存在的氢键,成功地制得了纤维素-金属氧化物的复合物^[12],表现出良好的吸附性能并能容易对其进行再修饰。孟令芝等^[13]以微晶纤维素为基质,经与有机铝反应,制备了 Al_2O_3 涂敷的纤维素-铝复合物,再与 γ -胺丙基三乙基氧基硅烷反应,制得具有 NH_2 基的纤维素-铝-硅复合物,研究发现该复合物对水溶液中 Hg^{2+} 、 Cu^{2+} 具有较高的吸附性能,吸附容量分别为 203.4mg/g 和 91.3mg/g。由于纤维素吸附性材料具有较大的比表面积、成本低、使用方便等优点,在环境监测、水污染治理中的分离富集应用日益增多。随着研究的不断深入,纤维素吸附性材料在环保中将会发挥越来越重要

的作用。

1.3 吸油材料

水资源污染已是一个严重的社会问题,而油类污染是造成水污染的重要因素之一。早期的除油剂主要采用农副产物,如用玉米穗轴粉、蔗渣就可除去大部分油珠。然而这些未经特殊处理的天然产物吸油能力很有限,必须通过化学改性,才能改善吸油效果,如将石蜡、脂肪酸酯、异氰酸酯等聚合物,引入纤维素分子之中,便可提高材料与油的亲和性,从而提高吸油能力,又不影响其结构浮力。但是亲油性并不是决定吸油量的唯一因素,平衡吸油材料的亲油性和亲水性也很重要,使得材料在水中能够充分溶胀和隔开。Nakamura 等^[14]通过接枝共聚法将亲水的羧基、黄酸基及亲油的十六碳烷三甲胺基接枝到纤维素的侧链上,从而大大提高了其吸油能力。

纤维素除用来制造吸水、吸油、吸重金属材料外,还可用来制备一些特种用途的吸附材料,如接枝改性的纤维素粉粒可以吸附染料;微晶纤维素以及改性的微晶纤维素具有吸附蛋白质、氰离子的功能;磷酸化酶纤维素能吸附甲醇、乙醇、丙醇和四氯化碳等,是很好的有机化学纯化剂^[15]。特种纤维素吸附材料的开发,扩大了纤维素功能材料的应用范围,促进了纤维素基材的高值化。

2 可生物降解材料

由于塑料工业的发展,塑料制品的广泛使用,给人们的生活带来极大方便。另一方面,由塑料引起的“白色污染”又给人类的生产和生活环境带来了极大的危害。为了解决这一严重的社会问题,越来越多的研究者正致力于研究和开发一些可生物降解的多功能高技术材料。纤维素能够作为生物降解材料的基材,主要是由于它具有许多独特的优点:(1)纤维素大分子链上有许多羟基,具有较强的反应性能和相互作用性能,因此,这类材料加工工艺比较简单,成本低,加工过程无污染;(2)能够被微生物完全降解;(3)纤维素材料本身无毒,可得到广泛应用;(4)生物相容性好。由于纤维素分子间有强氢键、取向度、结晶度高,且不溶于一般溶剂,高温下分解而不融,因此不能直接用来制作生物降解材料,必须对其改性。纤维素改性的方法主要有酯化、醚化,以及氧化成醛、酮、酸等。

英、美、日等发达国家早就对纤维素降解材料进行了大量的研究。20 世纪 90 年代,英国 ICI 公司就推出一种由糖类经细菌发酵制备可熔融加工的线型聚酯,是聚羟基丁酯羟基戊酯共聚物,简称 PHB/HV。该聚酯可与纤维素纤维均匀地分散复合,得到的纤维素-PHB/HV 复合材料可以完全生物降解,达到不污染环境的目的^[16]。日本四国技术试验所以天然聚合物多糖如纤维素和纤维素衍生物为原料,再配合一些有利于生物降解的添加剂,按一定的比例溶于水性溶剂后可制成半透明的塑料切片,其拉伸强度和弯曲性能与常用塑料相似,但延伸率较低^[17]。目前,美国、奥地利等国家也正积极研究这种可降解材料。此外,还有许多有关纤维素与其它高分子聚合物(如壳聚糖、蛋白质、纤维素衍生物等)共混而得到生物破坏性降解材料的报道。我国对纤维素降解材料的研究报道较少。赵华等^[18]以交联淀粉、活性碳酸钙和纤维素为主要原料,制取新型全生物降解片材,经性能测试,该片材在室温下的拉伸强度为 58MPa,耐热水温度高达 98℃。可代替聚苯乙烯作快餐盒或其它包装材料,对降低环保成本、消除“白色污染”具有十分重要使用价值。

纤维素基生物降解材料应用范围非常广,包括趣味性园艺品,农、林、水产用品,医药用品,包装材料及光电子化学品等;特别是在医学、光电子化学、精细化工等高新技术领域能得到更好的应用。金井重要工业公司以棉纤维等天然纤维素为主体原料,利用纤维素、壳聚糖的共混材料作为粘合剂,制得耐水性能很高的干式不织布,这种生物降解不织布,可用作农业材料、卫生材料和包装材

料,还因壳聚糖特殊的促进伤口愈合作用,可作为伤口包覆用于医疗。西川橡胶工业公司开发的纤维素、壳聚糖系发泡材料,以其重量轻、绝热性好、透气、吸水等特点,广泛应用于农业、渔业、工业、包装、医疗等各个领域^[19]。

3 纤维素液晶材料

对纤维素及其衍生物液晶态的研究起步较晚,是近 20 年的事。1976 年加拿大的 Gray 等人首先报道了羟丙基纤维素(HPC)的水溶液在足够大浓度下可观察到胆甾型液晶形成^[19]。此后,纤维素及其衍生物液晶的研究引起许多研究者的高度兴趣,近十几年来这方面的研究已取得很大进展。

研究表明,形成液晶态的分子要具有适当的刚性和较大的长径比。高分子链的刚性可以由 Mark-Houwink 方程 $[\eta] \sim KM_n^\alpha$ 中的 α 值来反应,其中 $[\eta]$ 为特征粘度; M_n 为粘均分子量; K 和 α 为与分子量无关的常数,理论上完全柔性链 α 为 0.5,刚性链 α 为 1.8,而 $0.5 < \alpha < 1.8$ 时分子为半刚性,这样的分子有可能形成液晶态^[20]。而纤维素及其大多数衍生物都是半刚性分子, α 值一般介于 0.706~1.00 之间(见表 1),在适当的条件下可以形成液晶^[21]。

表 1 纤维素及其部分纤维素衍生物的 α 值 (25℃)

纤维素及其衍生物	溶剂	α
苯甲酰氧丙基纤维素	苯(丙酮)	0.936(0.930)
羟丙其纤维素	乙醇(水)	0.915(0.90)
二苯胺基甲酸纤维素	四氢呋喃	0.84—0.92
硝酸纤维素	丙酮	0.76—1.00
乙酰氧丙基纤维素	苯二酸二甲酯	0.88
醋酸纤维素	二甲基乙酰胺	0.82
二醋酸纤维素	丙酮	0.805
三醋酸纤维素	三氟乙酸	0.706
纤维素	镉乙二胺溶液	0.77

纤维素液晶大体可分为溶致性液晶和热致性液晶。自羟丙基纤维素液晶发现以来,陆续发现羟甲基纤维素、羟乙基纤维素、乙基纤维素、氨基甲酰乙基纤维等大多数纤维素衍生物在一定条件下都能形成液晶。随着许多纤维素新溶剂的发现,纤维素本身也能形成胆甾型液晶态,如纤维素在 *N*-甲基马啡啉(MMNO)/H₂O、三氟乙酸/氯代烷烃、氯化锂/二甲基乙酰胺等混合溶液中都可形成胆甾型液晶。目前,对纤维素及衍生物液晶的研究主要集中在其致晶性、液晶性能及影响因素方面。Vinegc 等^[22]人研究了 HPC/H₂O、HPC/甲醇、HPC/丙酮 3 个 HPC 液晶溶液中带状结构的形成;Cidade 等^[23]研究了热致性手性向列型液晶乙酰氧丙基纤维素 APC 的流变性能;赵春田等^[24]对乙基纤维素液晶的螺旋性质及影响因素进行了研究。大量研究表明,纤维素及大多数纤维素脂肪酯由于热稳定性较差,所以只显示溶致性液晶而不显示热致性液晶。纤维素醚由于侧链易于旋转起增塑作用,使纤维素主链即使无溶剂时也能运动获得分子的有序排列,故既显示溶致性液晶,又显示热致性液晶。纤维素芳香酯由于引入芳香基团而提高耐热性,也可以在较高温度下呈现热致性液晶。

纤维素液晶最重要的性质就是其光学特性,可用来制作一些特殊的光学材料;还可用作高模高强度材料、制膜及液晶纺丝等多种用途。如将由液晶态纺制的取向三醋酸酯纤维皂化,所得的水化纤维

素纤维,具有高达 150Kg/mm^2 的强度,可用于制防弹衣^[25]。Huang 等^[26]用正己基纤维素液晶(THC)和乙基纤维素液晶(EC)制得了二元混合膜,这种二元混合膜具有较强的富氧特性。东京农工大学的西尾荔之通过纤维素衍生物的液晶化,然后施加电场来调制各种色调,发现在 3V/cm 以下的弱电场中就可以调制出光谱中由上到下的各种颜色,可作为记录材料和显示材料等光学材料使用^[27]。由于纤维素及衍生物液晶独特的优点,越来越受到人们的关注,继续加强对其研究与开发,具有重大的应用价值。

4 高性能纤维材料

粘胶纤维的生产发展已有近 100 年的历史,因它具有适宜的强度和伸长,吸湿透气性好,不易产生静电等优点,已成为纺织工业的重要原材料。但是,粘胶纤维的生产大都采用铜氨法或粘胶法,其致命弱点是工艺流程长,工作环境恶劣,环境污染非常严重。因此,开发出对生态环境无污染的新型纺纤材料引起研究者们的高度重视。目前,以纤维素为原料,用无毒、无污染的有机溶剂纺制的短纤维已取得了较大突破,该类纤维刚刚投入市场,便形成巨大的冲击波,被科技界和产业界称之为“21 世纪环保型纤维”。

20 世纪 70 年代英国、奥地利、美国、德国等先后展开非粘胶法生产纤维素纤维的研究与开发,即采用溶剂纺丝法生产纤维素纤维技术。通过多年的努力,纤维素纤维的纺丝机理和生产工艺已日趋成熟,逐步进入工业化生产阶段,而国内还处在起步阶段。目前市场上主要有英国 Courtaulds 公司推出的 Tencel 纤维和奥地利的 Lenzing 公司生产的 Lyocell 纤维。其中以 Lyocell 纤维尤为突出, Lyocell 是新的纤维素纤维的通称,其生产工艺是一种不经化学反应而生产纤维素纤维的过程,它利用 *N*-甲基吗啉(NMMO)中的杂环胺氧化物能溶解纤维素的特性,将纤维素浆粕溶解,得到粘度适宜的纺丝液,然后经过干湿纺丝技术得到纤维素纤维,同时经过凝固浴洗除纤维素中的溶剂,且凝固浴中的 NMMO 可以被回收利用。Lyocell 纤维是高结晶度的纤维,用显微镜观察,它具有规则的纵面,表面光滑,截面呈圆形或椭圆形,具有原纤化结构。其分子量比普通粘胶纤维高,与其它纤维素纤维比较,呈现出较高的干态强度,干湿强度比大于 85%,这一特征与其它纤维素纤维形成鲜明的对照^[28]。

Lyocell 纤维具有舒适、吸湿、热稳定性好、手感丰满等特点。不仅拥有人造纤维丝绸般质感,柔软舒适、透气性好,而且具有合成纤维的实用性,防皱不变形、强度高,是极好的纺织材料,主要用于制作高档衬衣、套装,也可用于休闲服、牛仔服等服装面料;还可利用其原纤化倾向开发其它新产品,如目前市场上较为流行的桃皮绒、仿麂皮等。Lyocell 纤维还可用于纺织以外的其它工业,比如用作医用抹布、绷扎物;用作卫生用品的吸收垫片、盖布;此外可作上胶底物,皮革底物,过滤物,衬里,电池分隔片等,特种纸方面可制茶叶袋,烟、空气、油及饮料用滤材,花色纸,油印蜡纸,可洗涤用纸及用作玻璃纤维纸的粘合料等等^[29]。其特种用途的产品也正在开发之中,象涂层面料的基布织物、造纸添加物、阻燃后处理织物。此外, Lyocell 纤维在增强生物复合材料方面也具有良好的应用前景。

5 展望

纤维素及其衍生物的功能化是高分子化学中最早研制和生产的一类功能材料。除上述几种基于纤维素的功能材料外,还有许多其它用途的功能性材料,如用作抗凝剂、人工肾、膜等各种医用功能材料;表面活性剂、离子交换等表面活性材料;固定化酶、固定化细胞、固定化抗原、分离抗体的基

质等生物功能材料等等。随着科学技术的发展,对纤维素功能材料的要求也越来越高,既要求功能性与经济性的统一,又必须符合环境和人身安全等法规,而纤维素类功能材料正是能够满足如此要求的一类新型高分子材料。对于纤维素功能材料的研究与开发需要涉及物理、化学、生物、医药、材料科学等多学科的交叉知识,是具有创造性、开拓性的研究领域,需要各行专家共同努力。首先应根据其结构与功能的关系,利用分子设计手段,采用生物合成技术和精细化学合成技术,合成出具有特定分子结构、链结构和超分子结构的新型纤维素功能材料,这是纤维素功能材料研究的主要发展方向。其次是采用微波、超声等现代技术手段,进一步研究纤维素材料的物理和化学改性的新方法和新技术,提高纤维素类材料的功能性,拓宽其应用领域。相信随着科技发展、研究不断深入,将会有更多的新型的纤维素功能材料不断涌现出来,并在各个领域得到广泛的应用。

参考文献:

- [1] 严瑞芳,胡汉杰,梁锋,等. 高分子通报, 1994, (3): 143.
- [2] 唐爱民,梁文芷. 高分子通报, 2000(4): 1.
- [3] Chatterjee P K. US, 3971379, 1997.
- [4] Kuwabara S, Hubota H. J Appl Polym Sci, 1996, 60, 1965.
- [5] 隋升,李平,周世贤. 精细石油化工, 1997, (1): 47.
- [6] 林松柏,萧聪明. 华侨大学学报(自然科学版), 1998, 19(1): 27.
- [7] 吴卫文,苏茂尧,郭勇. 广州化学, 1996, (1): 34.
- [8] 张效林,薛伟明,王康,等. 化学工程, 1997, 25(4): 21.
- [9] He Y B, Fu Z L, Meng L Z, Chen Y Y. Wuhan Univ J. National Sci, 1999, 4(3): 331.
- [10] Chan W H. J Appl Polym Sci, 1992, 46, 921.
- [11] 安鸣,仲丽洁,赵联甲. 科技情报开发与经济. 1997, (2): 15.
- [12] Alfaya R V S, Gushikem Y. J. Colloid Interface Sci, 1999, 213, 438.
- [13] 孟令芝,杜传青,龙凯,等. 环境科学与技术, 2000, (2): 24.
- [14] Nakamura S, Amano M. J Polym Sci, Part A, Polym Chem, 1997, 35(6): 3359.
- [15] Afanaser V A. Pure & Appl Chem. 1989, 61, 1993.
- [16] Gatenholm P, Mathiasson A. ACS Proceeding Polym Materials Sci Eng, 1992, 67, 361.
- [17] 细川淳. 化学工业时报(日), 1989, 2021.
- [18] 赵华,徐丽芳. 北京轻工业学院学报. 1999, 17(2): 55~58.
- [19] Werbowyi R S, Gray D G. Mol Crysi Liq(Lell). 1976, 34, 97.
- [20] Chung T S. Polym Eng Sci. 1986, 26, 901.
- [21] 王家芳,章文贡. 高分子通报. 1999, (1): 51.
- [22] Vinegc, Putnam W S. Polymer. 1995, 36, 1731.
- [23] Cidade M T, Leal C R. Section a Moleluar Crystals and Liquid Crystals. 1995, 26, 617.
- [24] 赵春田,蔡宝连. 功能高分子学报, 1995, 18(1): 23~29.
- [25] 高洁,汤烈贵,主编. 纤维素科学. 北京: 科学出版社. 1999, 181.
- [26] Huang M R, Li X G, Lin G. Separation Science and Technology, 1995, 30(3): 449.
- [27] Jiang S H, Huang Y, Shen J R. J Appl Polym Sci, 1995, 57, 49.
- [28] Hall M E, Horrocks A R, Helena Seddon. Polymer Degradation Stability, 1990, (64): 505.
- [29] Davies S. Chemical Fibers International. 1997, 47(4): 127.

[55] Tuomela M, Vikman M, Hatakka A .et al. *Bioresource Technology*, 2000, 72: 169~183.

Lignin Applied in Plastics

YANG Jun¹, LV Xiao-jing², Wang Di-zhen²

(1. *Center of Technology, Zhuzhou Times New Material Technology Co. LMD., Zhuzhou 412007, China*

2. *Department of Polymer Science & Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China*)

Abstract: The development of lignin applied in plastics in recent 10 years was reviewed by 51reference, five fields include PVC, PE, PP, PF, and PU were analysed mainly. The development direction of this technology was also discussed.

Key words: Lignin; Plastics; Blending; Biodegradation; Composite

(上接第 46 页)

Fractal Theory and Its Applications in Polymer Science

CHEN Yun, WANG Hong-yan

(*Department of Chemistry, Chaoyang Campus, Jilin University, Changchun 130026, China*)

Abstract: In this paper, the concept of fractal and the definitions and calculations of fractal dimensions are introduced. The recent applications of the fractal theory in polymer science, which mainly include polymer solutions, wears and fractures of polymer materials and their interfaces, crystallization of polymers as well as conducting polymers, are discussed.

Key words: Fractal; Fractal dimensions; Polymer; Application

(上接第 52 页)

Functional Cellulosics and Application

SONG Xian-ling¹, WEN Qi-biao¹, GUO Ye²

(1. *Food and Biological Engineering College, South China University of Technology, GuangZhou 510640, China;*

2. *Research Institute of Light Industry, GuangZhou 510075, China*)

Abstract: Functional cellulosics are all along researching focus. Many new functional cellulosics have been produced recent year. This thesis summaries the latest development and application of the functional cellulosics, including high absorbent cellulosics, biodegradation cellulosics, liquidcrystal cellulosics, high performance cellulosics.

Key words: Cellulose; Functional cellulosics; High absorbent cellulosics; Cellulosic liquid-crystal