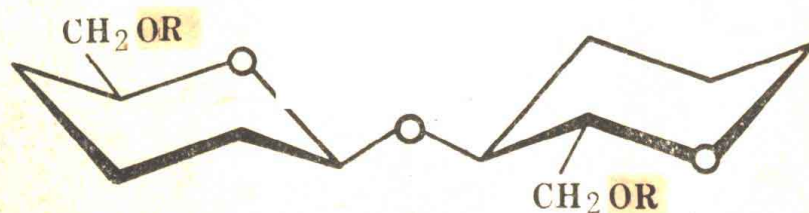


926653

QIANWEISUMI

纤维素醚 基础与应用

杨之礼 苏茂尧 高洸 编著



华南理工大学出版社

TQ352.7
4733

926653

TQ352.7
4733

纤维素醚基础与应用

杨之礼 苏茂尧 高 洸 编著

华南理工大学出版社

内 容 提 要

本书介绍纤维素醚的基础理论与实际应用。内容包括生产纤维素醚的原料，纤维素的有关化学知识，纤维素醚的生产工艺，纤维素醚的性质及应用，纤维素醚的常规分析以及纤维素醚的近代测试。

本书可供各院校轻化有关专业作教材，也可作为纤维素醚研究人员、化工、轻工各应用部门的生产技术人员的参考书。

纤 维 素 醚 基 础 与 应 用

杨之礼 苏茂尧 高 光 编著

责任编辑：罗月花

华南理工大学出版社出版发行

（广州·五山）

广东省新华书店经销

华南理工大学印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张：18.75 字数：433千

1990年6月第1版 1990年6月第1次印刷

印数：1—3 000

ISBN 7—5623—0175—1/TQ·8（课）

定价：3.70元

前 言

纤维素醚是纤维素衍生物的最主要品种。由于纤维素醚的基本原料——纤维素，在自然界中来源丰富，并能迅速地、不断地恢复，同时，醚类的品种繁多，应用面广，在许多工业部门，特别是日用精细化工中，纤维素醚已成为不可缺少的添加剂，因此纤维素醚工业的发展前途很大。

为促进我国纤维素醚工业的发展，培养更多的科技人才，在全国纤维素醚行业协作组的委托下，由华南理工大学主持编写《纤维素醚基础与应用》一书，作为纤维素醚的教学用书，供从事纤维素醚教学、科研、生产的师生、工程技术人员、科研人员、技术工人等学习和参考。

本书在内容上注意加强基础理论、生产原理、分析测定、实际应用等，因此，全书内容比较全面、系统。据所知，此类书的出版在我国还是第一本。

本书分绪论、浆粕、纤维素化学基础、纤维素醚的生产工艺及原理、纤维素醚的性质及应用，纤维素醚的常规分析及近代测试等六章。其中，绪论、第一、四章为杨之礼编写，第二、三章为苏茂尧编写，第五、六章为高洸编写。全书由杨之礼教授审校，由中国科学院广州化学所高洁研究员审定。

由于我们的水平所限，本书在取材内容、编排及文字等方面，会存在缺点或错误，恳切希望读者给予指正。

编 者

1989. 5.

目 录

绪 论	(1)
第一章 原料——浆粕	(6)
第一节 浆粕的来源及其纤维形态与结构	(6)
一、植物纤维的形态	(6)
二、植物纤维细胞壁构造及其对反应能力的影响	(9)
第二节 浆粕的制造	(13)
一、碱法制浆	(13)
二、亚硫酸盐法制浆	(16)
第三节 浆粕的品质	(16)
一、化学成分	(16)
二、物理—化学性质	(17)
三、工艺性质	(18)
第二章 纤维素化学基础	(20)
第一节 纤维素的化学结构	(20)
一、葡萄糖环形结构的确定	(20)
二、纤维素分子链上失水葡萄糖间的连接	(20)
三、葡萄糖的立体异构体	(21)
第二节 纤维素链的构象	(22)
一、葡萄糖环的构象	(22)
二、纤维素分子链的构象分析	(23)
三、纤维素分子链的模型	(25)
第三节 纤维素的物理结构	(26)
一、纤维素单元晶胞的结晶变体	(26)
二、纤维素的原纤结构	(32)
三、纤维素纤维的聚集态结构模型	(33)
第四节 纤维素的降解	(35)
一、水解降解	(35)
二、碱降解	(36)
三、氧化降解	(38)
四、机械降解	(38)
第五节 纤维素与碱的化学作用及物理化学作用	(38)
一、碱纤维素的形成	(38)
二、碱纤维素的组成和结晶变体	(39)
三、纤维素在碱液中的润胀和溶解	(42)
四、纤维素在碱液中的降解	(46)
五、碱纤维素的化学反应性	(48)

六、碱纤维素的制备方法	(49)
第六节 纤维素结构对醚化反应的影响	(50)
一、纤维素结构对反应均一性的影响	(50)
二、均相反应和非均相反应	(52)
第三章 纤维素醚生产工艺原理	(55)
第一节 基本知识	(55)
一、纤维素醚的分类	(55)
二、纤维素醚的化学反应类型	(56)
三、几个基本化学定义	(57)
第二节 羧甲基纤维素 (CMC)	(59)
一、概述	(59)
二、化学反应	(61)
三、原料	(61)
四、CMC 生产方法及原理	(62)
五、提高醚化产品质量的有关措施	(74)
第三节 提高纤维素醚化反应均匀性的途径	(81)
一、原材料及其预处理	(81)
二、晶区-非晶区间和细胞壁层间的不均	(84)
三、纤维素分子链上的不均一反应	(86)
四、提高醚化均匀度的工艺	(88)
五、均相体系中的醚化	(90)
第四节 烷基和羟烷基纤维素醚	(93)
一、羟乙基纤维素 (HEC)	(93)
二、羟丙基纤维素 (HPC)	(96)
三、甲基纤维素 (MC)	(99)
四、乙基纤维素 (EC)	(102)
五、羟丙基甲基纤维素 (HPMC)	(104)
六、氰乙基纤维素 (CEC)	(106)
七、纤维素混合醚	(106)
第四章 纤维素醚类的性质与应用	(109)
第一节 纤维素醚类的性质	(109)
一、溶解性	(109)
二、溶液的粘度	(115)
三、CMC的分子量及其分布	(122)
四、纤维素醚溶液的流变性	(125)
五、纤维素醚类溶液的液晶态	(133)
六、纤维素烷基醚的性质	(139)
七、纤维素醚类的其它性质	(140)
第二节 纤维素醚类的应用	(142)
一、在涂料工业中的应用	(142)
二、在塑料中的应用	(145)

三、在石油开采中的应用.....	(146)
四、在建筑材料中的应用.....	(150)
五、在轻工业中的应用.....	(151)
六、在合成树脂方面的应用.....	(153)
七、在纺织工业中的应用.....	(154)
八、在医药方面的应用.....	(154)
九、其它方面的应用.....	(154)
第五章 纤维素醚类的常规分析	(156)
第一节 化学分析中的法定计量单位.....	(156)
一、溶液的浓度.....	(158)
二、滴定分析的计算.....	(159)
第二节 原料分析.....	(164)
一、棉短绒.....	(164)
二、浆粕.....	(169)
三、工业用氢氧化钠.....	(179)
四、盐酸.....	(184)
五、次氯酸钠.....	(190)
六、氯乙酸(一氯醋酸).....	(192)
七、乙醇.....	(194)
八、甲醇.....	(197)
九、异丙醇.....	(198)
十、工业有机产品中铁含量测定法.....	(200)
第三节 成品分析.....	(201)
一、国内的测定方法.....	(201)
二、ASTM 测定方法.....	(212)
第四节 溶液的配制.....	(233)
一、指示剂的配制.....	(233)
二、标准溶液的配制与标定.....	(234)
三、一般溶液的配制.....	(245)
第六章 纤维素醚的近代测试	(249)
第一节 红外光谱 (IR).....	(249)
一、基本原理.....	(249)
二、红外光谱的测定.....	(251)
三、光谱分析.....	(252)
四、纤维素及其醚的红外光谱图.....	(253)
第二节 核磁共振 (NMR).....	(256)
一、基本原理.....	(256)
二、核磁共振的测定方法.....	(257)
三、核磁共振波谱的分析.....	(258)
四、 ^{13}C 核磁共振谱法.....	(261)
五、核磁共振在纤维素醚结构中的应用.....	(261)

第三节 X-射线衍射法	(265)
一、晶体的一些基本概念	(265)
二、X-射线的产生及原理	(268)
三、特征 X-射线	(268)
四、X-射线衍射的基本原理	(269)
五、X-射线衍射方法	(270)
六、样品制备	(271)
七、X-射线衍射强度曲线图及其应用	(271)
八、利用X-射线衍射曲线对纤维素醚化过程中结构变化的研究	(272)
第四节 热分析法	(275)
一、概述	(275)
二、几种热分析仪器的构造及基本原理	(275)
三、测试条件	(277)
四、差热曲线的分析	(278)
五、热分析在纤维素醚研究中的应用	(278)
第五节 凝胶渗透色谱法 (GPC)	(281)
一、GPC 的分离机理	(281)
二、测试方法	(281)
三、凝胶的选择	(284)
四、高效 GPC 及其在纤维素醚分析中的应用	(284)
附表	(286)

绪 论

一、纤维素醚发展历史概况

纤维素醚是以天然纤维素（浆粕）为基本原料，经过碱化、醚化反应而生成的。它是纤维素衍生物之一大类。

纤维素醚的发展有着悠久的历史，自19世纪后期，制得硝化纤维素和醋酸纤维素后，陆续开发了纤维素醚的产品。首先，Suida早在1905年在实验室用硫酸二甲酯作醚化剂，与表面处理的碱纤维素作用，开创了纤维素醚的新纪元，所以，甲基纤维素成为纤维素醚的鼻祖。1912年，Lilienfeld在实验室用硫酸二乙酯作醚化剂，制得醚化度较低的溶于冷水的乙基纤维素，随后又制得了醚化度较高的溶于乙醇的乙基纤维素。1920年，Hubert制得羟乙基纤维素。1921年，Jansen制得羧甲基纤维素。同年，Gomberg和Bucher制得苄基纤维素。

CMC的工业化生产始于40年代，首先在德国实现，而乙基纤维素（EC）和甲基纤维素（MC）的工业化生产，分别于1936年和1938年在美国实现，醚化剂分别采用氯乙烷和氯甲烷，代替硫酸二乙酯和硫酸二甲酯。自CMC、MC、EC等醚产品生产以后，不到半个世纪，纤维素醚工业得到迅速发展，不仅出现了许多单一醚品种，而且涌现了许多混合醚品种。至今，纤维素醚已成为重要的高分子物工业的一大类。

二、纤维素醚的品种

纤维素醚的品种繁多，目前具有商品生产意义的品种（即出现在市场上），有十余种。归纳起来，可分为“水溶性的”和“有机溶性的”两大类。按取代基团的化学属性分为“离子型的”和“非离子型的”两大类。

目前，市场上已有的商品纤维素醚产品，见表0-1和表0-2。

表 0-1 水溶性商品纤维素醚

序 号	品 种	简 称	醚 化 剂	取代度 DS
1	羧甲基纤维素素	CMC	一氯乙酸	0.5—1.2
2	羧甲基羟乙基纤维素	CMHEC	一氯乙酸 环氧乙烷	0.7—1.0
3	甲基纤维素	MC	氯甲烷	1.5—2.4
4	羟乙基纤维素	HEC	环氧乙烷	1.3—3.0 (MS)
5	羟乙基甲基纤维素	HEMC	环氧乙烷 氯甲烷	1.5—2.0
6	羟丁基甲基纤维素	HBMC	氯甲烷 环氧丁烷	1.5—2.0

续表 0-1

序 号	品 种	简 称	醚 化 剂	取代度 DS
7	羟乙基乙基纤维素	HEEC	氯乙烷	1.4—1.6
8	羟丙基纤维素	HPC	环氧乙烷	2.5—3.5(MS)
9	羟丙基甲基纤维素	HPMC	环氧丙烷	1.5—2.0
10	磺酸乙基纤维素	SEC	氯甲烷 环氧丙烷	0.4—1.0

表 0-2 有机溶性纤维素醚

序 号	品 种	简 称	醚 化 剂	取代度, DS
1	乙基纤维素	EC	氯乙烷	2.3—2.6
2	乙基羟乙基纤维素	EHEC	氯乙烷	2.4—2.8
3	氰乙基纤维素	CEC	环氧乙烷	2.6—2.8
4	苄基纤维素	BC	丙烯腈 苄基氯	1.8—2.0

上述各品种, 其中仅羧甲基纤维素和磺酸乙基纤维素两种是离子型醚, 羧甲基乙基纤维素是离子型和非离子型混合醚。其余都是非离子型醚。近年, 出现在国际市场上的 PAC, 实质上是属于“高档CMC”产品。

三、纤维素醚的生产和消耗状况

目前, 纤维素醚全世界总生产能力约为 4.0×10^5 t/y, 其中非离子型醚约 1.3×10^5 t/y, 离子型醚约 2.7×10^5 t/y。

我国纤维素醚生产已有几十年的历史, 现生产能力约 2.5×10^4 t/y, 其中以羧甲基纤维素的生产规模为最大, 占总产量的绝大部分。非离子型醚总生产能力不过 600t/y, 说明在我国发展非离子型醚市场潜力很大。因为我国非离子型醚的生产, 起步较晚, 目前的生产状况, 列于表 0-3。

和国外相比, 美国纤维素醚的消耗情况, 参见表 0-4, 离子型醚与非离子型醚的消耗基本接近 1:1, 说明我国对非离子型醚具有很大的发展潜力。

表 0-3 我国非离子型醚的生产状况

品种	生产能力, t/y	生 产 厂
MC、HPC	150	湘潭化学助剂厂
MC、HPC	120	晋县化工厂
EC	100	泸州化工厂
HPC	100	沈阳制药一厂
HPC	70	哈尔滨化工七厂
HPC	30	无锡电化厂
HPC	100	顺德乐从纤维素实验厂

表 0-4 美国纤维素醚消耗情况 单位: 10^3t

品 种	1973		1979		1984	
	消耗量	占%	消耗量	占%	消耗量	占%
CMC	31	67.4	31	55.4	35	52
HEC	13	28.3	22	39.3	29	43.3
CMHEC	1	2.2	1	1.8	1	1.5
HPC	1	2.2	2	3.6	2	3
总 计	46	100	56	100	67	100

四、纤维素醚的广泛用途

纤维素醚由于具有优良的增稠、乳化、悬浮、成膜、保护胶体、保持水分、粘合、抗酶以及代谢惰性性能,广泛应用于涂料、聚合反应、建筑材料、油田采油、纺织、食品、医药以及电子元件等工业部门。对社会经济发展起着重要的作用,举例来说:

在合成洗涤剂工业:目前,我国洗涤剂的人均耗量和国外水平比较,我国比日本和美国还低一半,日本每人每年耗用合成洗涤剂5kg左右,而我国还不到2.5kg。随着我国人民生活水平提高,洗衣机的普及,预计洗涤剂产量将迅速增长,据报道,1988年全国已达 $1.40 \times 10^6 t/y$,预计需要CMC量14 000—21 000t(按加量1%—1.5%计)。

在牙膏工业:我国1985年生产牙膏约为12亿支,按每亿支牙膏用CMC120t计,1985年耗用CMC1440t,以每年递增速度8%计,到1990年,我国牙膏产量将超过20亿支,因此,到1990年,CMC在牙膏工业上每年将需要2 400t左右。由此可见,在牙膏工业上,CMC的需要量将很大。

在石油工业:在陆地石油钻井和海上钻井都需要大量的CMC。陆地石油钻井用的

表 0-5 国内外CMC主要销售分配比较

行业部门	美国 (1979)		日本 (1979)		西欧 (1979)		中国 (1983)	
	数量 10^3t	比例%	数量 10^3t	比例%	数量 10^3t	比例%	数量 10^3t	比例%
洗涤剂	6	19.4	1.86	9.4	45	42.9	8.0	34.7
医药、食品	7	22.6	2.89	14.6	12	11.4	0.09	0.4
石油	8	25.8	1.16	5.8	20	19.1	5.8	25.1
纺织	5	16	4.79	24.2	7	6.7	4.1	17.8
建筑	/		3.86	19.5	/		0.9	3.9
造纸	/		0.63	3.2	14	13.3	/	
陶瓷	/		1.14	5.7	4	3.8	/	
其它	5	16	3.48	17.6	3	2.9	2.3	9.8
合计	31	100	19.81	100	105	100	23.1	100

CMC, 据近期统计, 国内耗用离子型醚总量约为5 754t, 占全国CMC量的25%。海上钻井用CMC, 按中国海洋石油总公司采办部的预测, 1985—1990年离子型醚6年总用量约需16000t左右, 其中1/3为PAC型。随着深海石油工业的开发, 预计到1990年, CMC、PAC二个品种每年需要用5 000t左右。

在压裂液和修井液方面, 需要HEC的量也日益增加, 每年递增速度将分别为6%和13%左右。

其它在纺织工业、造纸工业、食品、医药工业等部门, 纤维素醚都有重要的应用, 这里不一一赘述。

CMC是纤维素醚的主要品种, 国内外的主要销售分配情况, 见表0-5比较。

由表0-5中统计数字来看, 我国CMC在医药、食品添加剂, 造纸工业、陶瓷、建筑工业等部门的应用, 还有大的市场潜力。

五、纤维素醚生产的基本过程

(1) CMC的生产过程

国内现在生产CMC的工艺, 可分为溶媒法, 水媒法和少溶剂法三种。

①溶媒法——国内用溶媒法生产CMC的过程, 大致为: 首先, 精制棉或其它浆粕在以酒精为溶媒的体系中, 与氢氧化钠作用, 再加入一氯醋酸酒精溶液, 在一定温度下, 反应一段时间, 然后用酒精水溶液洗涤后, 经脱液、干燥, 粉碎, 即为产品CMC。

②水媒法——国内水媒法生产CMC, 按操作过程可分为一步法(喷碱法)和二步法(浸渍法)。水媒法生产CMC, 目前国内主要用于合成洗涤剂。

③少溶剂法——少溶剂法生产工艺, 介于溶媒法和水媒法之间, 即前工序与溶媒法相同, 而后工序与水媒法相同。少溶剂法和溶媒法的区别, 是不用酒精溶液进行精制。少溶剂法生产的CMC, 主要用于合成洗涤剂, 目前供出口。

(2) 非离子型醚生产过程

非离子型醚的生产, 在我国还处在萌芽阶段, 目前只能少量生产, 品种仅有MC、HPMC, 其它品种如HEC和CMHEC还处在中试和小试阶段。

MC和HPMC的生产工艺路线, 大致为精制棉在一定浓度的碱液中浸渍, 压榨, 老成后, 经过醚化、精制、干燥即成为产品。目前, 我国MC和HPMC产品为纤维状, 尚无粉状的产品, 有待开发。

六、我国发展纤维素醚的努力方向

由于纤维素醚有优良的性能和广阔的用途, 因此, 纤维素醚将以一定的年增长率发展。从目前情况看, 我国现生产的品种和产量, 还不能满足正在发展的各工业部门的需要, 因此, 如何发展我国纤维素醚的生产, 任重道远。现提出几点意见来商榷。

①目前, 我国纤维素醚的生产水平, 与国外相比, 差距很大, 主要表现在连续化程度低、设备密封差、劳动强度大, 造成原料消耗大, 成本高, 因此, 针对这种情况, 对现有生产必须进行技术革新, 以提高质量, 降低成本和增加产量。

②目前, 我国纤维素醚生产技术水平上, 存在的较为突出的问题是: 醚化剂利用率

较低,原料消耗大。因此,应加强科学研究,解决存在的问题,提高技术水平。

③我国纤维素醚的品种,除CMC外,其它品种产量很少,尤其是非离子型醚,远不能满足有关工业部门的需要,应加强新品种的研究和开发,如HEC、CMHEC、HBMC等品种的开发,以满足各应用部门的需要。

④我国纤维素醚产品在医药、食品添加剂、造纸工业、建筑、水泥陶瓷制品、纺织工业等方面的应用,尚未推广。应选择适当的品种和型号,加强研究及推广应用、以进一步扩大产品的应用领域。

⑤目前,国内纤维素醚的工程技术人员很少,也无专业培养,应加强本行业的高级技术人员的培养和工人的培训,以提高专业的水平和扩大技术力量。

⑥我国具有发展纤维素醚工业的良好条件,如生产醚类的原料,棉短绒的产量丰富,并有其它天然植物纤维原料,如芦苇、甘蔗渣等可以利用。我国石油化工和天然气工业的迅速发展,使制备醚类的化工原料来源丰富,如氯甲烷、氯乙烷、环氧乙烷、环氧丙烷、一氯醋酸等的产量会大幅度增长,价格也会逐步调整和降低。应扩大和加强行业组织,充分调动和加强生产单位、应用单位、科研和高等院校等单位的协作,共同为我国纤维素醚的发展而努力。

参 考 文 献

- 〔1〕 化工部,《水溶性纤维素衍生物调查报告》,1984.11.
- 〔2〕 全国纤维素醚行业协作组,《交流资料汇编》,1985.4.
- 〔3〕 许冬生、严路彤,《国内外纤维素衍生物进展》,第二次全国纤维素科学与技术会议论文,1988.12.

第一章 原料——浆 粕

纤维素醚生产的基本原料是浆粕，此外，还需各种化工原料，如烧碱、各种醚化剂。但醚化剂随品种不同而不同，本章不作论述。浆粕是最基本的原料，它的来源和质量对醚化反应和产品质量的影响很大，因此，本章重点对浆粕原料的纤维形态、结构、浆粕的制造，浆粕品质等，作概要论述。

第一节 浆粕的来源及其纤维形态与结构

目前，国内纤维素醚生产所用的浆粕，主要原料来源是棉绒和棉短绒。国外，正在积极研究和木材浆粕。根据纤维素醚产品的要求不同，选择不同来源的浆粕，是有实际和经济意义的。对生产中粘或低粘的产品，使用木浆或草浆为原料，对缓和精制棉的供应，节约原料，降低生产成本，有现实意义。

一、植物纤维的形态

为了正确选择浆粕，对各种植物纤维原料的纤维形态，加以了解，是十分重要的。兹将棉纤维形态、木材纤维形态和非木材纤维形态，分别简述于下。

1. 棉纤维的形态

国内，纤维素醚的生产都用精制棉为原料，精制棉的原料是棉绒或棉短绒。棉绒是除去长纤维以后，留在棉籽上的短纤维，上等棉绒（首次剥下的）可作纺织加工材料。中、下等的棉绒可作精制棉，1t棉籽可剥取80—100kg棉绒。棉短绒是残留在除去棉绒后的棉籽上的更短的纤维，它也是纤维素醚或粘胶纤维的优质原料，1t棉籽可剥取30—70kg棉短绒。

棉绒或棉短绒的化学成分与棉花并无区别，但其形态则不一致，它们的成熟度不同。不同成熟度的棉纤维，具有不同的形态，如图1-1所示。

棉纤维的成熟度可将纤维经过丝光、染色，干燥后，在显微镜下观察扭转和色泽来决定。所用染料为刚果红或直接天蓝FF。

棉纤维按成熟度不同，

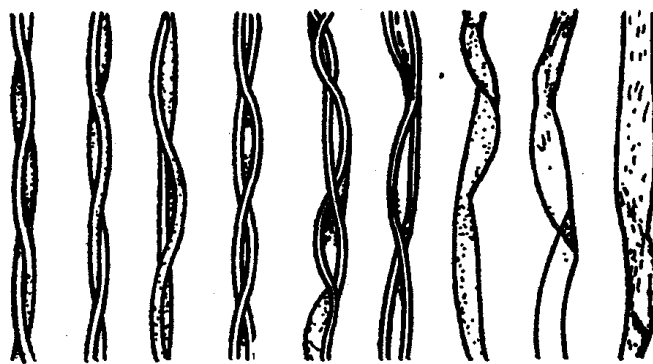


图 1-1 不同成熟度的棉纤维样本

分为四组：

①成熟纤维：色泽鲜艳，呈圆柱形；

②未成熟纤维：色泽鲜艳，有扭转；

③不成熟纤维：色泽浅淡，有扭转；

④死纤维：无色，呈扇平带状；

按照上述分组方法，将纤维在显微镜下一一鉴别，算出的第一组纤维根数在总根数中的百分数，即代表棉纤维的成熟度。

棉绒或棉短绒的反应能力与其成熟度密切相关，不成熟棉绒所制的粘胶溶液的过滤性能不好，这与棉绒的化学成分含量和形态结构有关。不成熟的棉纤维，纤维素含量相应少，而戊糖、蛋白质、脂肪、蜡质、水溶性物质和灰分等含量相应高；就形态结构而言，不成熟棉纤维中的初生壁含量高，因此，不成熟棉纤维的反应能力差。

2. 木材纤维的形态

树木分为针叶木和阔叶木两类，针叶木亦称软木，阔叶木亦称硬木，二者的纤维形态各不相同。

(1) 针叶木的纤维形态

针叶木主要为松、杉、柏三种，针叶木的木质部主要由管胞构成，占木质部体积的95%，管胞就是针叶木浆的主要纤维。树木的生长由于气候不同，分成春材和秋材，春材和秋材的管胞形状不同，见图1-2所示松木管胞形态。

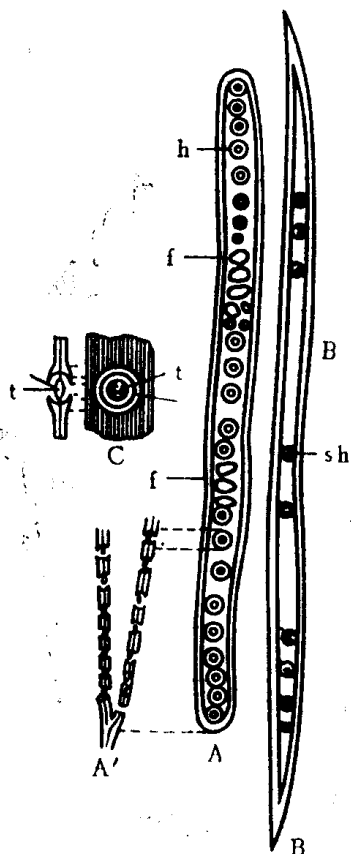


图 1-2 松木的管胞

A—春材管胞 A'—春材管胞截面 B—秋材管胞
C—缘纹孔(h) f—单纹孔 t—纹孔托 sh—裂纹孔

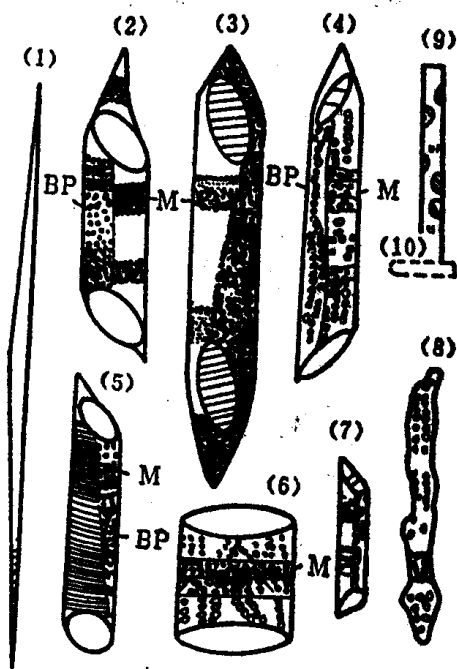


图 1-3 阔叶木的细胞形态

(1)—木纤维 (2)—(7)—导管
(8)—(10)—薄壁细胞
M—木射线细胞 BP—缘纹孔

在管胞数量上,春材占全部木材的60—63%,秋材占20—30%。管胞纤维的长度在1.1—5.6mm之间,大多数为2.0—3.2mm,宽度0.03—0.075mm之间,管胞壁厚度,春材为 $2\mu\text{m}$,秋材为 $3.7\text{—}7.5\mu\text{m}$,它是针叶木浆的最好原料。

(2) 阔叶木的纤维形态

阔叶木的构造要素较多,约含木纤维43—70%,导管20—40%,木射线10—20%,薄壁细胞2—13%。阔叶木的木纤维和导管的形态,见图1-3。

木纤维仅是阔叶木中才有,它是阔叶木中主要的纤维细胞,占阔叶木体积的43—75%,它的形态为瘦长的纺锤状,长度0.7—1.7mm,宽度0.02—0.04mm,胞壁较厚,胞腔较小,它在树木中的功用是维持树木的机械强度。这种纤维是成浆的最好原料。

导管仅是阔叶木中才有,它的形态为两端具有开口的长管状、圆柱状的细胞,两端的开口称为导管的穿孔。在木材中,由一系列导管分子首尾相连而形成长的管子,在树木中,其主要功用是导水。白杨的导管直径一般为 $45\text{—}70\mu\text{m}$,管壁厚 $1.5\mu\text{m}$,长为 $510\text{—}590\mu\text{m}$,其侧壁上的纹孔为圆形,有边缘,直径为 $8\text{—}12\mu\text{m}$,相互密集排列。由于导管壁薄,长度很短,在制浆过程中流失的可能性大,它和木纤维比较,容易被化学药品所浸透和破坏,对浆粕反应的均匀性有影响。

3. 禾本科茎秆纤维的形态

禾本科茎秆与木材同样由一系列的组织细胞所构成,主要由部分厚壁细胞,导管分子及多数薄壁细胞所组成。其中厚壁细胞在制浆工业上称为纤维,其余称为杂细胞,大致包括表皮细胞和薄壁细胞。草类原料中此种杂细胞比木材多得多,这是草类原料的一个特点,因为杂细胞容易被化学药品所破坏和浸透,故杂细胞多的草类原料,制浆的得率低。保留在浆中的杂细胞,对浆粕的反应均匀性有影响。

用于制浆的禾本科茎秆原料,以蔗渣、芒秆、芦苇为较好,其纤维形态比较如下。

(1) 蔗渣的纤维形态

蔗渣经显微镜放大,其各种细胞的形态,见图1-4。

该图中1-3为蔗渣纤维细胞,是最好的成浆原料,它的形状细长呈纺锤状,两端尖削,也有呈叉形。在蔗渣原料中,这种纤维占60—65%。图中4-10为薄壁细胞,多为长方形等各种形状的碎片细胞,壁极薄,易变形及破碎,体积大,如海绵状松软,吸水性强,主要来源于基本组织。蔗渣中的薄壁细胞约占蔗渣的35—40%,统称杂细胞。因为它会影响浆粕的反应均匀性,故制浆时应注意除去。

蔗渣纤维的形态:长度 $653\text{—}4725\mu\text{m}$,平均 $1866.9\mu\text{m}$;直径 $10.8\text{—}85.0\mu\text{m}$,平均 $20.3\mu\text{m}$;胞壁厚 $3.7\text{—}7.8\mu\text{m}$,平均 $5.4\mu\text{m}$;胞腔较大,纹孔多而显著。

(2) 芦苇纤维的形态

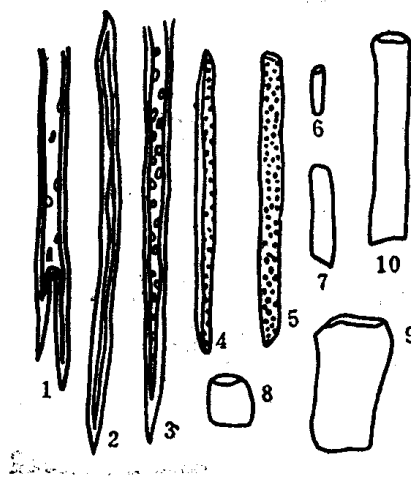


图 1-4 蔗渣纤维和杂细胞的形态
1—3—长纤维 4—10—薄壁细胞

芦苇属单子叶多年生禾本科植物，是很好的造纸和制浆的原料。蒸煮后粗浆的聚合度可达1000左右，经漂白后，成浆聚合度可达800左右。芦苇在我国北方，南方都有较广产地，如湖南洞庭湖区盛产芦苇，是天然的原料基地，大有开发利用的价值。

芦苇纤维的形态：纤维长度277.2—2919 μm ，平均905.1 μm ；直径7.2—32.4 μm ，平均13.3 μm ；胞壁厚3.5—10.6 μm ，平均6.1 μm ；胞腔小，有些纤维细胞壁上有螺旋裂隙（图中3），有少数纤维胞壁呈浅波浪状（图中4）。芦苇纤维细胞的形态，见图1-5。

二、植物纤维细胞壁构造及其对反应能力的影响

1. 细胞壁的一般构造

植物细胞壁是有生命的原生质体活动的产物。在形成的过程中，它首先在原生质体外表面形成不同厚度的膜，称为细胞膜。然后生长加厚而成为细胞壁。

细胞壁的主要物质是纤维素，它构成了细胞壁的骨架，除纤维素外，还有木素、半纤维素、果胶质等物质，其它如丹宁、树脂、矿物质也可存在于细胞壁中。

对植物纤维细胞壁构造的了解，对制浆和浆粕的特性了解很重要。现简述于后。

（1）层次构造

植物纤维的胞壁分为三个主要部分，即胞间层、初生壁和次生壁。棉纤维胞壁和木材纤维胞腔的构造图，如图1-6和图1-7所示。

由图1-7可见，胞间层把相邻细胞的初生壁粘合起来。次生壁则位于初生壁之内部，直接与胞腔相邻接。这样的层次构造与细胞壁的形成有关。首先是形成薄的初生壁（第一

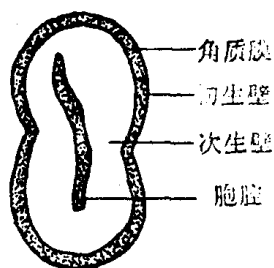


图 1-6 成熟棉纤维胞壁横断面图

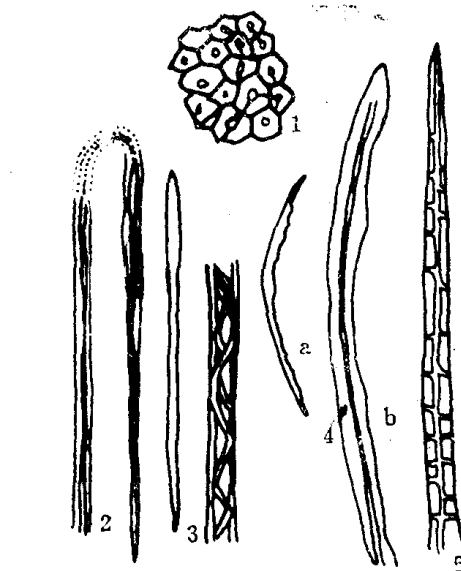


图 1-5 芦苇纤维细胞的形态
1—横切面 2—胞腔小的纤维
3—胞壁有螺旋 4—胞壁呈波浪
5—胞壁有纹孔

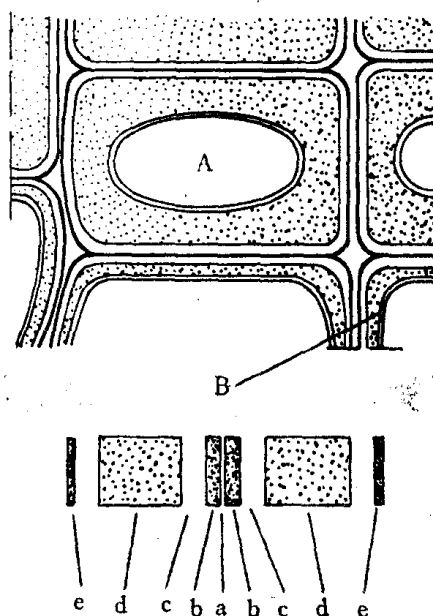


图 1-7 木材纤维胞壁横断面图

a—胞间层 b—初生壁 c—次生壁外层 d、e—次生壁中和内层