

草 类 纖 維 素 的 研 究

歐 陽 均

(中国科学院应用化学研究所)

草类纖維一般存在下列特征：(1)在化学組成方面与針叶树魚鱗松比較，多縮戊糖含量与灰分显著較高，木質素含量較低；(2)由于产地和品种的不同，同一原料的化学組成并不一致；(3)形态結構存在显著的不均一性。因此从草类纖維材料分离出的纖維素常常由于这些特征的仍然多少存在而引起它們在化学反应中行为的复杂化。

采用預水解硫酸盐法通常可由草类纖維制得純度頗高的纖維素以适应粘液纖維工业的要求。除从实际制备中观察这些草类粘液絲漿在工艺过程中的适用性外，对于它們的超分子結構、化学組成、聚合度分布与在粘液过程中的化学行为进行研究是有意义的。本文即就用上述方法制得的几种草类纖維素的性質所作的研究作一概括的敘述。

一、粘液絲漿的非均相水解^{[1]*}

在纖維素的非均相水解过程中，存在着两个速度相差甚为悬殊的阶段，繼初期反应速度較高之后，出現一个反应速度較慢而水解纖維素的聚合度保持不变的阶段。对这一現象的解释一般均归結于纖維素的无定形区易于水解。由于在非均相水解过程中各个阶段的反应速度和水解纖維素的性質均与纖維素的超分子結構有較大的关系，因此从不同纖維素材料在非均相水解中所表現的行为可以比較它們在超分子結構上的差异。

对木与棉纖維素的非均相水解与結構的关系曾有许多人研究过，但对于草类纖維素类似的研究尚不多見。

用預水解硫酸盐法所制备的三种草类粘液絲漿(蕉渣漿Ⅱ、Ⅲ，豆秸漿)与預水解碱法制备的棉絨漿(棉絨漿Ⅰ、Ⅱ)和芬兰亚硫酸盐木漿曾进行了非均相水解的比較。水解試驗在溫度 90°、硫酸浓度 2.5N 条件下进行；在水解过程中用碘值测定甙鍵的断裂速度，同时测定水解纖維素的聚合度与吸湿性的变化，所得結果如表 1 与图 1—3。

* 这一段內还采用了刘鑫叶等即将发表的工作。

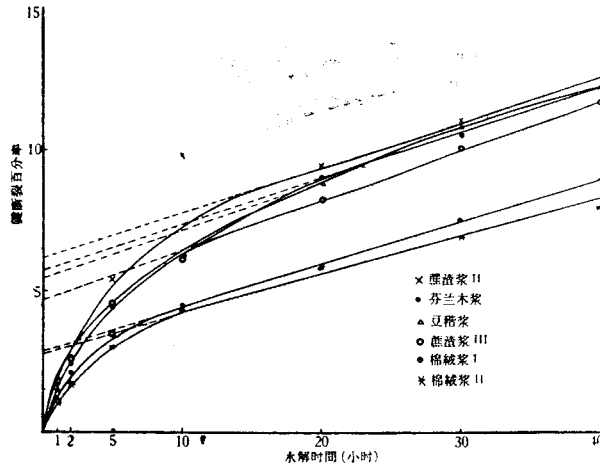


图 1 几种粘液絲漿的水解速度

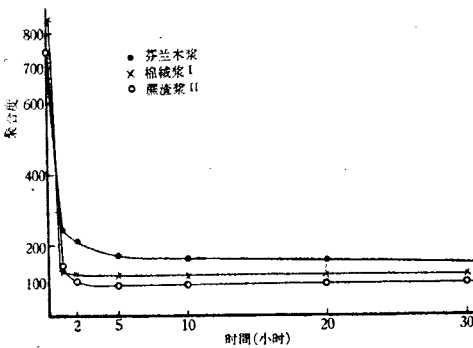


图 2 各种粘液絲漿在水解过程中聚合度的变化

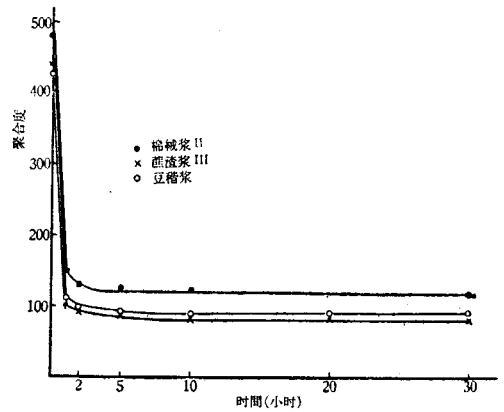


图 3 各种粘液絲漿在水解过程中聚合度的变化

三种草漿的各种表現比較相似,而与木漿和棉絨漿都有所不同。草漿所含易水解部分与木漿較接近,比棉絨漿高。如从鍵断裂速率曲綫外推来估計各种漿的易水解部分百分含量,可以得到下列結果:蔗渣漿 II, 6.1;木漿, 5.7;豆稽漿, 5.5;蔗渣漿 III, 4.7;棉絨漿 I 与 II 都是 2.9, 但是草漿的鍵断裂变化比木漿更快趋于恒定。

三种草漿的水解纖維素的平均水解速度常数与木漿比較接近,一般在 90° 时 $k \approx 2.0 \times 10^{-3}$ (小时) $^{-1}$,而棉絨漿 $k \approx 1.3 \sim 1.5 \times 10^{-3}$ (小时) $^{-1}$ 。

棉絨漿的聚合度下降較快,而木漿則較緩慢,水解 30 小时后,它的聚合度仍有繼續下降的趋势。草漿聚合度的变化特点是它們的极限聚合度較小,并且聚合度下降也較快。所試驗的几种漿的极限聚合度是:蔗渣漿 III, 82;蔗渣漿 II, 90;豆稽漿, 91;棉絨漿 I, 112;棉絨漿 II, 119;芬蘭木漿, 152。

几种漿以及它們的水解纖維素的吸湿性都以棉絨漿最小;草漿和木漿較接近,在木漿和棉絨漿之間;几种草漿之間又有差別。

从以上結果可以假定:上述草漿的纖維素基本上是由大分子通过一些长度較短的晶区所組成的,它們的分布周期也比較短,它們的晶区与非晶区間大分子的排列均整程度的差別比木

表 1 几种黏液纤维浆在水解过程中的变化

試料 結果 時間 (小时)	蔗渣浆Ⅱ				蔗渣浆Ⅲ				豆 稽 浆				棉絨浆 I				棉絨浆 II				芬兰木浆			
	碘 值	水解速 度 $k \times 10^2$ (小时) ⁻¹	聚* 合 度	吸 湿 性 %	碘 值	水解速 度 $k \times 10^2$ (小时) ⁻¹	聚 合 度	吸 湿 性 %	碘 值	水解速 度 $k \times 10^2$ (小时) ⁻¹	聚 合 度	吸 湿 性 %	碘 值	水解速 度 $k \times 10^2$ (小时) ⁻¹	聚 合 度	吸 湿 性 %	碘 值	水解速 度 $k \times 10^2$ (小时) ⁻¹	聚 合 度	吸 湿 性 %	碘 值	水解速 度 $k \times 10^2$ (小时) ⁻¹	聚 合 度	吸 湿 性 %
0	0.1		748	10.3	0.1		441	9.6	0.2		424	9.2	0.3		816	8.9	0.1		483	8.3	0.2		742	9.8
1	1.4	1.72	144	9.8	1.5	1.80	101	8.7	1.7	1.88	114	8.1	1.0	1.23	135	7.0	0.6	1.06	148	7.4	1.3	1.55	245	9.0
2	2.9	1.24	100	—	2.5	0.83	91	8.7	2.7	0.83	100	8.1	2.0	0.82	118	7.4	1.4	0.66	130	—	2.4	0.91	210	8.9
5	5.9	0.85	91	9.4	4.8	0.65	89	8.6	5.1	0.67	94	7.8	4.0	0.50	120	6.5	2.9	0.41	124	7.4	4.9	0.70	176	8.9
10	8.3	0.41	90	9.0	6.8	0.34	83	8.6	7.3	0.38	91	—	5.1	0.22	112	6.4	4.6	0.14	121	7.0	7.1	0.38	165	9.1
20	10.9	0.23	87	8.7	9.4	0.23	83	8.7	10.2	0.25	92	8.0	6.7	0.14	116	6.5	6.4	0.15	120	7.5	10.6	0.30	156	9.4
30	12.9	0.18	90	9.0	11.6	0.19	82	8.6	12.7	0.23	91	8.0	8.7	0.17	112	7.2	7.8	0.12	119	7.8	12.4	0.17	152	9.7
40	14.7	0.17				0.18			14.5	0.17			10.4	0.15			9.0	0.11		14.4	0.18			

* 按 CCA 28:57, Svensk Papperstidning, 60, 513 (1957) 銅乙二胺法。

漿更為分明。若從它們的水解纖維素的水解速度和吸濕性結果來看，它們的晶子（或排列均整部分）所含的自由羥基量比棉絨漿多而比木漿少。這說明這些草漿的晶子的寬度與厚度可能較棉絨漿要小，或可能它們的晶子均整程度不如棉絨漿，並且和木漿也不一樣。

各種漿用不同濃度的苛性鈉溶液處理後，它們的再生纖維素的吸濕性和水解行為隨鹼濃度的增加而發生變化，各種漿的變化，由於其結構特性不同，呈現不同的過程：棉絨漿先是保持不變，在苛性鈉溶液濃度達 6—8% 後，出現一個轉折的突變；木漿隨鹼處理而變化，在鹼濃度為 4—6% 後出現轉折變化；蔗渣漿的變化有些地方與木漿相似，但引起其轉折變化的鹼濃度比木漿高，它的變化更要緩慢；當鹼濃度增到 12% 時，在 0° 處理 2 小時後，各種漿的吸濕性均在 14% 左右，極限聚合度均在 50 附近。

各種漿用 18% NaOH 溶液在 20° 處理 1 小時與老化到聚合度約 400 後，它們的再生纖維素在水解時聚合度的下降速度比原料要快；它們的極限聚合度都在 40 附近；老化過程對極限聚合度下降的影響不大；水解殘渣的吸濕性都比原試料的水解殘渣要大。

這些結果說明在粘液製備過程中經過絲光化後各種漿的超分子結構已漸趨於一致，但仍存在著差別；在老化過程中超分子結構也稍有變化，但並不顯著。

二、粘液絲漿半纖維素的色譜分析^[2]

草類纖維含有較木材為多的半纖維素，且其中又以多縮戊糖（主要是多縮木糖）居多，而木糖與葡萄糖基環之間的鍵較強，雖經強烈的氧化作用也不易全部斷裂，因此一般在考慮利用草漿製造粘液纖維時，除了形態結構不均一的因素外，更認為草漿的化學不均一性較大，是否適宜於製造粘液纖維頗有疑慮。為了說明這個問題，對幾種草漿的半纖維素組成和它們在粘液製備過程中的變化曾進行了一些研究。用 17.5% NaOH 溶液抽出半纖維素部分，水解成為單糖後，用紙色譜法分析其中的單糖成分，同時用化學方法測定羧基、醛基的含量。所用試料為蔗渣漿、豆秸漿與棉絨漿，並與芬蘭木漿作比較，所得結果列於表 2。

表 2 幾種黏液絲漿的半纖維素組成和它們在黏液製備過程中的變化

試 料	*聚合度	羧基%	醛基%	半纖維素 %	鹼抽取液半纖維素的紙色譜分析結果				
					葡萄糖%	木糖%	阿刺伯糖 %	甘露糖%	糖醛液%
蔗渣漿Ⅲ·····	441	0.11	0.02	5.07	2.44	2.52	微量	—	微量
蔗渣漿Ⅱ·····	748	0.10	0.02	3.31	1.46	1.44	微量	—	微量
同上,老化後·····	400**	0.10	~	1.88	0.53	0.42	—	—	0.18
同上,絲·····	302	0.14	0.11	4.58	1.36	0.61	—	—	0.44
豆秸漿·····	424	0.13	0.03	5.83	2.02	2.92	—	0.74	微量
棉絨漿Ⅰ·····	816	0.05	0.04	3.12	1.04	0.61	—	—	微量
棉絨漿Ⅱ·····	483	0.06	0.02	2.58	0.88	0.17	—	—	微量
同上,老化後·····	400**	0.08	~	1.42	0.58	0.08	—	—	0.28
同上,絲·····	280	0.16	0.06	4.58	1.31	—	—	—	0.36
芬蘭木漿·····	742	0.14	0.03	13.39	6.37	1.98	微量	3.72	微量
同上,老化後·····	400**	0.16	0.02	2.67	0.56	0.08	—	0.39	0.56
同上,絲·····	211	0.22	0.03	15.75	4.08	0.36	—	1.25	2.08

* 銅乙二胺法。

** 近似值。

從半纖維素的含量來看，所用芬蘭木漿最高，達 13.39%，其餘都在 3—6% 之間。在半纖維素的組成中，芬蘭木漿含有多量的甘露糖與木糖；蔗渣漿不含甘露糖，木糖的含量在 2% 以

下;豆秸浆含有較少的甘露糖,但同时却含有多量的木糖;棉絨浆是所有試驗的浆中最純的,既不含甘露糖,也不含有阿刺伯糖,木糖含量也是很少的。

至于氧化官能团在所有浆中羧基含量以芬兰木浆最高,而醛基含量除一种棉絨外,其他各浆均小于芬兰木浆。

由此可見,虽然草类原料的組成比較复杂,但經過預水解及碱蒸煮后即可获得在化学組成上与芬兰木浆相較并无逊色或甚至在某些方面更为优越的粘液絲浆。

各种浆的半纖維素經過碱溶液的浸漬与压搾后已大部分除去,虽再經老化数量仍較少;但絲的半纖維素含量又增加,这种現象恐不完全是由于在黃酸化及其后一系列过程产生的裂构,而可能是由于再生纖維素易于溶胀,分子量較高的部分也易于溶出的原因。

在老化后的纖維素与再生纖維素中以蔗渣浆含木糖較多;木浆含糖醛酸較多并含有甘露糖;棉絨浆只含少量糖醛酸。

在粘液制备过程中各种浆的醛基含量变化不大,羧基含量逐漸增加較显著。

三、粘液絲浆的聚合度分布与反应能力*

纖維素鏈长的多分散性常作为判断粘液絲浆的反应能力和由它制得的纖維的物理机械性质的标志之一。但是纖維素聚合度分布的均一与否主要决定于纖維素的分离精制过程,而与原料来源的关系不大。实验証明:从草类纖維可以制得聚合度分布均一的纖維素,而纖維素的反应能力也并不完全取决于它的聚合度分布情况。

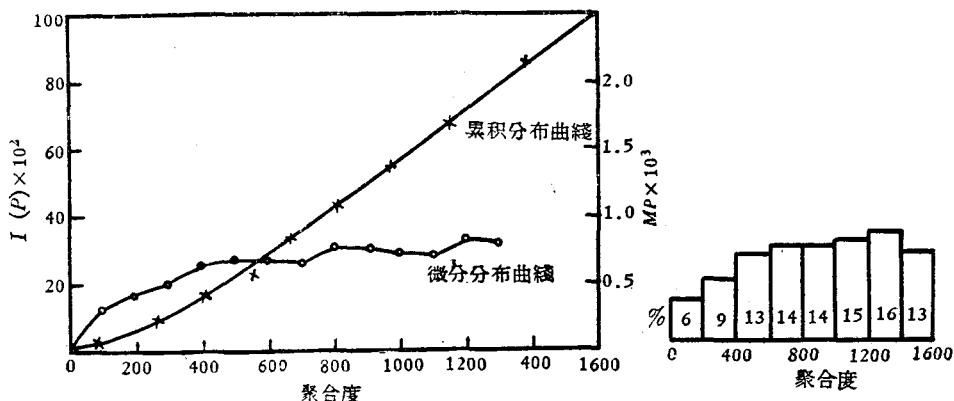


图 4 蔗渣浆 II 的聚合度分布

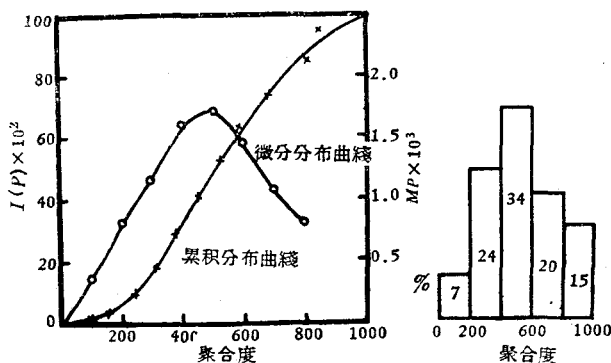


图 5 蔗渣浆 III 的聚合度分布

* 这一段内采用了张自成、常凤眉、赵斌等即将发表的工作。

用纖維素硝酸酯分級沉淀法測定蔗渣漿Ⅱ、Ⅲ，棉絨漿Ⅰ、Ⅱ與芬蘭木漿的聚合度分布^{*}，所得結果如图4—8。

芬蘭木漿的纖維素平均聚合度為 883，它的聚合度分布範圍很寬，聚合度 200 以下的部分占 14%，400—1200 部分占 60%，1200—2400 部分占 26%。作為粘液絲的原料來說，芬蘭木漿的這種聚合度分布是不夠理想的。

蔗渣漿Ⅱ的纖維素平均聚合度為 895，它的聚合度分布特征是：低聚合度部分很少，聚合度 400 以下的部分只占 15%，這是一個很大的優點。從聚合度分布的寬度來看，蔗渣漿Ⅱ的比芬蘭木漿要小；但是從聚合度大於 1200 部分的纖維素絕對數量來看，前者却比後者還多，因此

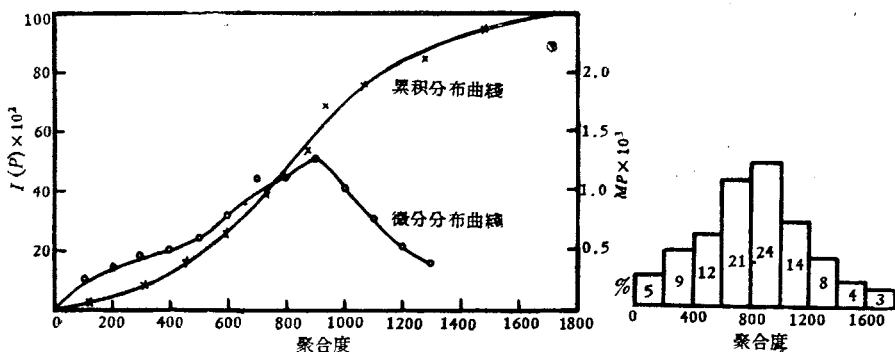


图 6 棉絨漿Ⅰ的聚合度分布

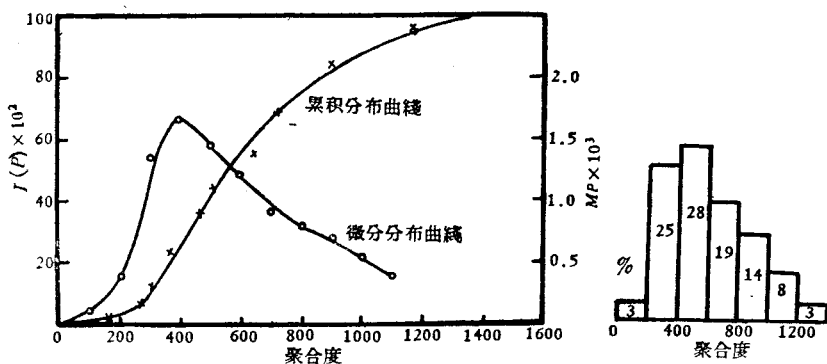


图 7 棉絨漿Ⅱ的聚合度分布

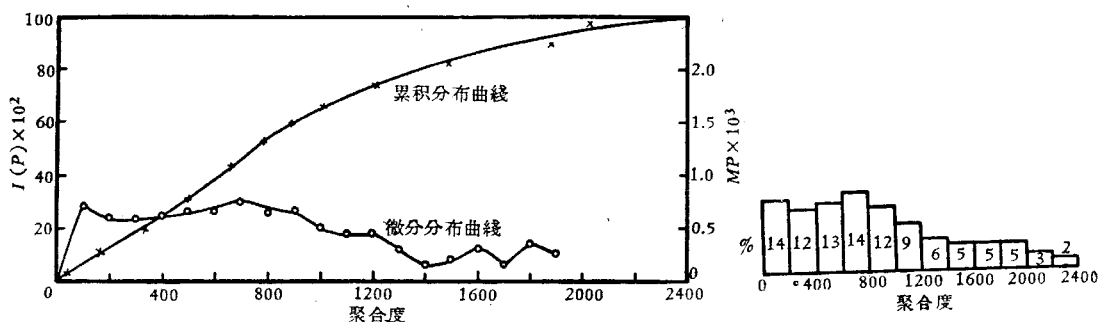


图 8 芬蘭木漿的聚合度分布

* 分級與聚合度測定按 R. L. Mitchell, Ind. Eng. Chem., 45, 2526 (1953).

很难认为这个浆的聚合度分布比芬兰木浆好。

蔗渣浆Ⅲ的纤维素平均聚合度为 502, 它的聚合度分布很均一, 聚合度小于 200 的部分仅占 7%, 而几乎不含聚合度大于 1000 的部分, 这种浆曾在实验室用无老化过程制备粘液纤维, 从聚合度分布来看, 这是很合适的。

棉绒浆Ⅱ的纤维素平均聚合度为 590, 这个浆是用较剧烈的预水解条件借以提高它的反应能力, 因此纤维素受到很大程度的裂构, 低分子部分较多, 在微分分布曲线上聚合度 400 处有一高峰, 聚合度 400 以下的部分占到 28%, 1200 以上的部分则极少。

棉绒浆Ⅰ的纤维素平均聚合度为 785, 它的聚合度分布恰与棉绒浆Ⅱ的相反, 低聚合度部分少而高聚合度部分多; 纤维素的链长主要分布在 600—1400 之间, 在微分分布曲线上聚合度 900 处出现一高峰。

表 3 几种粘液丝浆的反应能力*

试 料	蔗渣浆Ⅱ	蔗渣浆Ⅲ	棉绒浆Ⅰ	棉绒浆Ⅱ	芬兰木浆
反应能力 (%CS ₂ /NaOH)	150/11	110/11	150/15 不通过	130/11	110/11

* 按 А. Б. Пакшвер, А. А. Конкин, Г. Н. Кукин: Справочник по аналитическому контролю в производстве искусственных и синтетических волокон, 1957, стр. 35.

这五种浆的反应能力见表 3, 从它们的聚合度分布和反应能力的关系来看, 不能证实粘液丝浆中存在聚合度大于 1200 的部分反应能力就会恶化的见解。

芬兰木浆的聚合度分布很不均一, 高聚合度部分多, 但反应能力良好, 这不能从聚合度的分布上找到解释。以往的试验证明芬兰木浆的反应能力好是由于纤维的形态结构受到均匀破坏的原故。

蔗渣浆Ⅲ的聚合度分布非常均匀, 比芬兰木浆优越得多, 但在纤维形态结构破坏均匀方面不及芬兰木浆。就前一因素看, 蔗渣浆Ⅲ的反应能力应比木浆好, 就后一因素看, 则应比木浆坏。实验结果指出: 这两种浆的反应能力是相等的; 这就说明聚合度分布在一定情况下对反应能力有影响, 蔗渣浆Ⅲ的聚合度分布的有利条件弥补了它的形态结构的不足。蔗渣浆Ⅱ在聚合度分布上并不优于芬兰木浆, 而在形态结构方面它含有许多细胞外层壁没有受到有效破坏的纤维, 因此它的反应能力比芬兰木浆差得多。

棉绒浆Ⅰ和Ⅱ在聚合度 1200 以上部分的分布宽度和数量都远比芬兰木浆小, 但在反应能力上比木浆坏, 从聚合度分布上来探讨, 这是不能理解的, 但在形态结构上它们的差别是很明显的。在水解试验中也证明棉绒浆显著区别于木浆在于它们的纤维素大分子排列的均整性很高, 棉绒浆的反应能力差与这两方面有密切关系。

根据以上这些实验结果, 粘液丝浆的反应能力的好坏显然不能以它们的聚合度分布作为唯一的依据。最近的实验数据表明: 粘液丝浆的反应能力与粘液的过滤性质也并不完全一致, 进一步研究这个问题正在进行中。

四、草浆在粘液制备过程中的化学行为

1. 碱纤维素的老化 比较蔗渣浆与芬兰木浆的碱纤维素在老化过程中再生纤维素的粘度, 发现蔗渣浆的粘度下降较木浆快(图 9)^[3]。几种草浆的碱纤维素在老化过程中聚合度的变化如表 4 与图 10 (岑翼南、周杏茂等: 未发表工作)。

从表 4 与图 10 可以看出: 棉绒浆Ⅱ与芬兰木浆的碱纤维素老化速率相近; 蔗渣浆与稻草

表 4 几种草浆的碱纤维素在老化过程中聚合度的变化

原 料	蔗渣浆 II		稻草浆 VI		棉絨浆 I		棉絨浆 II		芬兰木浆	
灰分, %	0.23		1.17		0.23		0.07		0.15	
聚合度*	748		598		816		483		873	
碱纤维素粉碎条件	20°, 1小时		20°, 1小时		20°, 1小时		20°, 1小时		20°, 2小时	
在 30° 老化后再生纤维素的聚合度	老化小时	聚合度	老化小时	聚合度	老化小时	聚合度	老化小时	聚合度	老化小时	聚合度
	6	564	6	511	6	527	4	450	10	458
	12	455	12	417	12	419	8	407	14	416
	18	388	18	354	18	360	12	370	18	379
	24	359	24	345	24	316	16	326	22	348

* 銅乙二胺法

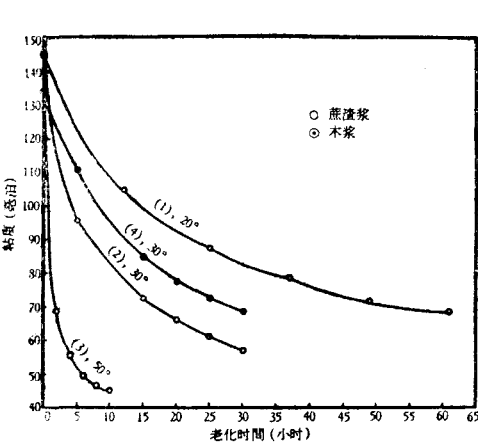


图 9 再生纖維的粘度与碱纖維素老化溫度及時間的关系

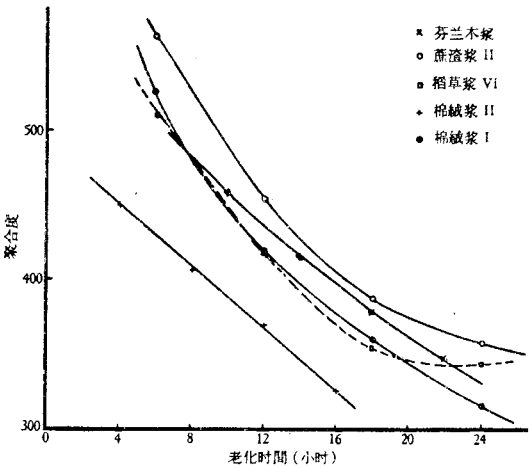


图 10 几种粘液絲漿在老化时聚合度的变化

漿相近,它們的老化速率較快,老化曲綫較早趨向水平;棉絨漿 I 的老化情况介于木漿和蔗渣漿之間。值得注意的是木漿和棉絨漿 II 的灰分最少,稻草漿的灰分最高,棉絨漿 I 与蔗渣漿的灰分含量介于二者之間,二种棉絨碱纖維素的老化速率不同可能与灰分含量有关。

随老化溫度的增高与時間的延长,再生纖維素的羧基含量不断增加(图 11)^[3]。蔗渣漿在 30° 老化时,羧基含量的增加和粘度的降低都比木漿在同一条件下老化时要快。不論蔗渣漿或木漿在老化过程中醛基含量的改变都不显著。

2. 黃酸化反应^[4] 在相同条件下进行非均相黃酸化时,蔗渣漿的反应速率在开始阶段和木漿相近;但当反应繼續进行时,則蔗渣漿的酯化度增加較快;棉絨漿在反应开始阶段就比較慢(表 5, 图 12)。

从表 5 与图 12 可以看出:反应溫度对黃酸化反应速率的影响远远超过纖維素来源不同的影响;在反应开始的 60 分鐘内蔗渣漿和木漿的反应速率没有什么差别,無論在 20° 或者 30° 进行黃酸化;当反应进行 60 分鐘以后,蔗渣漿的反应速率較木漿高。

这些現象可作如下解释:在纖維素的非均相黃酸化反应中,試剂扩散速度是反应速率的控制因素;在开始阶段反应都在非均整部分进行,故速率无大差别;但超分子結構的影响并不能

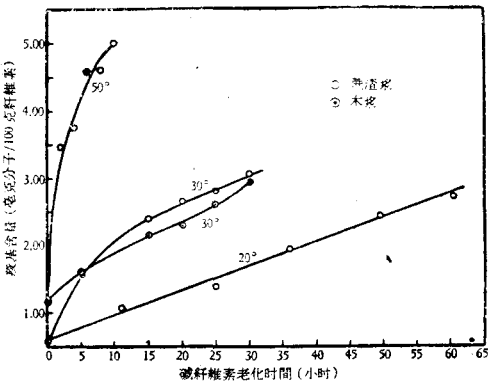


图 11 碱纤维素老化温度、时间对再生纤维素羧基含量的关系

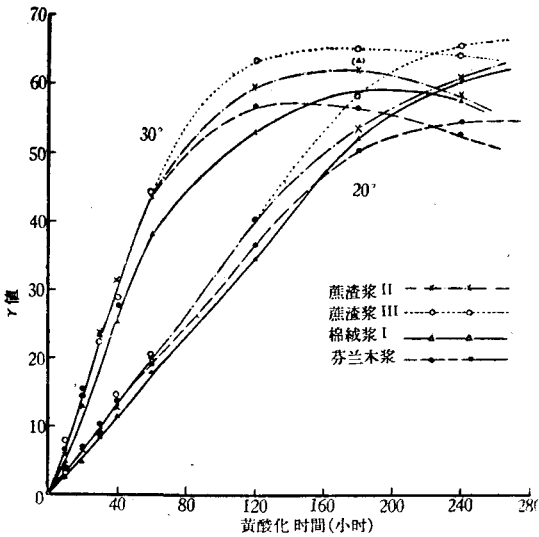


图 12 各种人造丝浆的黄酸化反应速度

表 5 几种粘液丝浆的黄酸化反应速率(r^* 值)

温度, °C 試料 時間(分)	20				30			
	蔗渣浆 II	蔗渣浆 III	棉絨浆 I	芬兰木浆	蔗渣浆 II	蔗渣浆 III	棉絨浆 I	芬兰木浆
10	3.5	3.2	2.5	3.9	5.8	7.9	4.7	6.5
20	6.4	6.5	4.8	6.9	14.4	14.3	12.7	15.2
30	9.4	8.7	8.5	10.4	23.7	22.1	23.4	22.4
40	12.7	14.0	11.4	13.8	31.4	28.8	25.1	27.5
60	19.9	20.4	17.7	19.3	43.1	44.1	38.0	43.8
120	40.5	40.5	34.7	36.8	59.7	63.4	53.1	56.9
180	53.8	58.8	52.4	50.4	62.1	64.9	63.5	56.5
240	61.2	65.6	60.5	54.7	58.5	64.1	57.8	52.9

* r 值是 100 个葡萄糖单位上取代基的数目。

在以前过程中完全破除, 因此随反应的繼續进行而表现速率的差异; 棉絨纤维素的結構均整程度比其他浆較高, 故在反应开始阶段即表现由于 CS_2 扩散速度受到影响而反应較慢; 原料制备方法的不同往往伴随着超分子結構的差异, 因此即使同是蔗渣纤维素也表现在反应速率上有些差别。

在 20° 黄酸化、当反应时间在 3 小时以内时, 反应速率基本上符合下式(图 13):

$$\gamma = Kt^n$$

K 、 n 为常数, t 为时间, 以分表示时, 各种浆的常数值如下:

	K	n
蔗渣浆	0.33	1.0
棉絨浆	0.20	1.1
芬兰木浆	0.47	0.9

当反应时间超过 3 小时、或者在 30° 黄酸化时, 由于黄酸盐的逐渐分解, 反应速率不能用上式表示, 并且在速率曲线出现最高值。

3. 粘液的性质变化 比較蔗渣漿、棉絨漿与芬兰木漿按一般方法制备的粘液在熟成过程中粘度与熟成度的变化,結果指出:三种纖維素原料对上述性质的变化几无影响;酯化度和熟成度(以电解质值 E 表示)与时间的关系可用二級反应方程式表示(图 14—15);在 20° 时三种粘液的反应速度大致在 $k_r = 1.87 \times 10^{-4}(\text{小时})^{-1}$, $k_E = 8.00 \times 10^{-5}(\text{小时})^{-1}$ 附近。(謝洪泉、崔尙堃:即将发表的工作)。

从三种粘液的酯化度与熟成度的关系中可以看出在同一熟成度时,木漿粘液的酯化度最高,蔗渣漿粘液其次,棉絨漿粘液最低。

应用氯乙醇与水的系統分級沉淀纖維素黃酸二乙基乙酰胺的結果表明:在 20° 熟成 32 小时后,酯基在大分子鏈間的分布趋向均匀;从实验結果看,在木漿中酯基分布較均匀,棉絨漿較差,蔗渣漿居中。

由草类纖維素制备的粘液往往呈現暗色,这是由于草漿中含有較多灰分特别是鉄所引起的。灰分的光譜分析結果表明:在所用草漿中 Fe 、 Si 、 Al 、 Cu 、 Mn 等元素含量較所用木漿高。在木漿中加入微量鉄盐,則粘液显出与草漿相同的深暗色,并且粘度升高;含灰分較高的草漿用盐酸与硝酸或氢氟酸的混合物处理后,則得到透明而橙紅的粘液。(唐学明:未发表工作)。

以上这些研究結果表明:虽然采用預水解硫酸盐法从草类分离纖維素一般可得到滿意的結果,但是所得纖維素制品的性质并不能完全一致;草类纖維素在超分子結構、大分子化学組成、聚合度分布与在粘液制备过程中所表现的化学行为不仅和木漿、棉絨漿有所不同,即草漿本身也有差

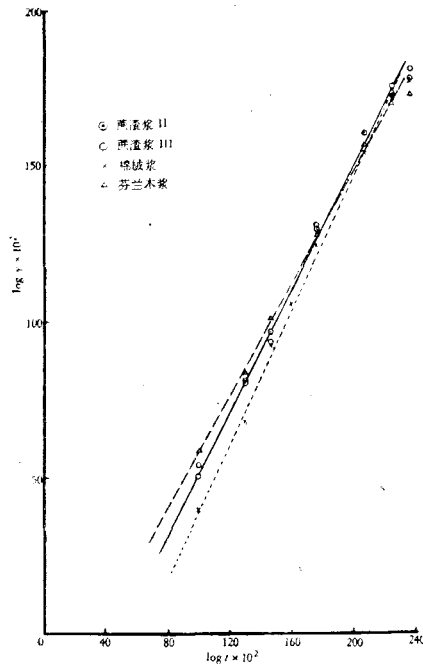


图 13 几种粘液絲漿在 20° 黃酸化时酯化度与反应时间的关系

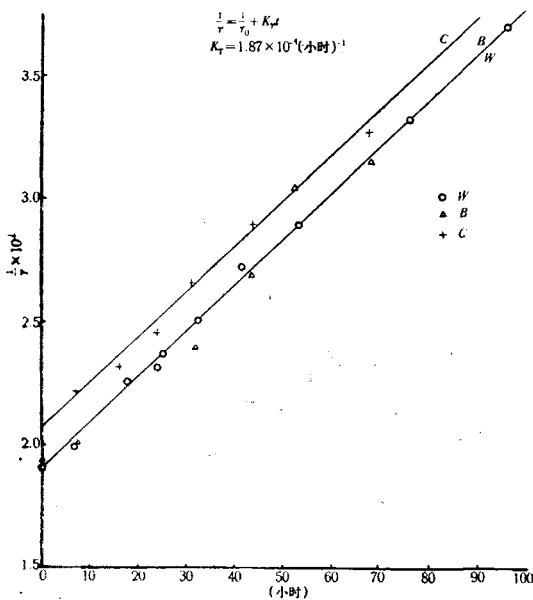


图 14 η 值的倒数与时间的直綫关系

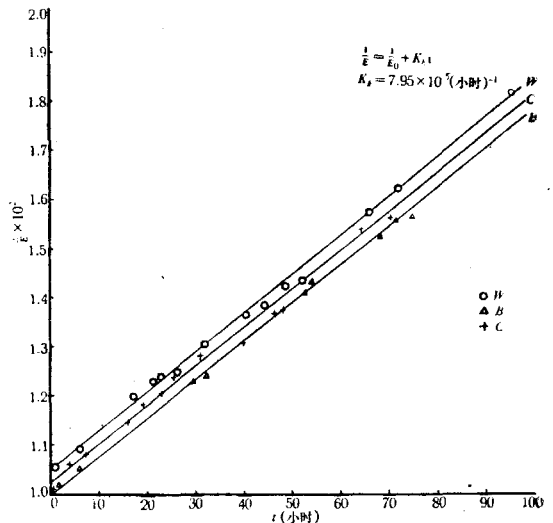


图 15 电解质值的倒数与时间的直綫关系

別；但草漿与木漿的这些差別并不能影响利用它們制备粘液纖維的可能性。对于每一种草漿应充分研究它的这些特性，才能在实际应用中获得足够的根据。

参 考 文 献

- [1] 刘鑫叶、周杏茂、席与清 中国科学院应用化学研究所集刊第 2 集第 69 頁，1959 年。
- [2] 齐庆蕙、許淑貞、何伟、陈东霖、张維綱 中国科学院应用化学研究所集刊第 2 集第 49 頁 1959 年。
- [3] 岑翼南、赵斌、欧阳均 化工学报 1957 年第 2 期 152 頁。
- [4] 沈文建、孙成芳、欧阳均 中国科学院应用化学研究所集刊第 2 集第 55 頁 1959 年。