

造纸工人技术读本

稻草麦草制浆

西北轻工业学院 编
上海市造纸木材工业公司

轻工业出版社

造纸工人技术读本

稻草麦草制浆

西北轻工业学院

编

上海市造纸木材工业公司

轻工出版社

内 容 提 要

本书是造纸工人技术读本之一。本书简要介绍了稻麦草原料的特点,详细叙述了稻麦草制浆生产过程各工序(包括备料、蒸煮、洗涤和筛选、漂白)的基本原理、生产工艺、设备结构、生产操作以及新技术、新工艺等,对稻麦草浆黑液的碱回收和综合利用也作了扼要介绍。本书总结和反映了我国稻麦草制浆方面的先进经验,内容力求通俗,联系生产实际。

本书可供从事稻麦草制浆的工人学习,也可作为工人的培训教材或业余教育参考读物。从事造纸专业的技术人员也可作参考。

稻 麦 草 制 浆

西北轻工业学院 编
上海市造纸木材工业公司

轻工业出版社出版

(北京阜成路3号)

北京印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092 毫米 1/32 印张: 7 28/32 字数: 175 千字

1978 年 10 月第一版第一次印刷

印数: 1—10,500 定价: 0.55 元

统一书号: 15042·1464

前 言

目前遍布全国的中小型纸厂中，采用稻麦草原料生产的已占有相当大的比重。稻麦草是我国丰富的农作物副产品。随着农业学大寨运动的深入开展和稻、麦单产的提高，稻麦草的年收割量也有更多的增长。除农村社队留下部分作为牲畜饲料、农用燃料和肥料等外，其余均可考虑供给造纸工业使用。因此，因地制宜，充分利用稻麦草原料造纸，是推动我国造纸工业发展的一个重要方面。

为了适应发展稻麦草制浆造纸的需要，满足广大工人为革命学习技术的迫切要求，我们编写了本书。参加本书编写的有：西北轻工业学院的锺香驹、劳嘉葆、张志芬同志及上海造纸木材工业公司的刘志康、蔡文元同志。

由于各厂生产情况不尽相同，我们又缺乏充分的调查研究，因而本书的内容会存在一定的局限性。而且由于我们水平有限，书中难免有缺点和错误，希望读者批评、指正。

编者

目 录

第一章 稻麦草纤维原料的性质	1
第一节 稻麦草的结构和形态	1
第二节 稻麦草纤维的化学组成	7
第三节 稻麦草浆的特性	13
第二章 稻麦草的贮存和备料	19
第一节 稻麦草的收购和贮存	19
第二节 备料目的与流程	23
第三节 备料的主要设备	31
第四节 备料车间的生产检查	48
第三章 稻麦草的碱法制浆	51
第一节 概述	51
第二节 碱法蒸煮过程的化学反应	54
第三节 间歇蒸煮的生产实践	59
第四节 间歇蒸煮的主要设备	74
第五节 稻麦草的连续蒸煮	84
第六节 蒸煮车间的生产检查	102
第四章 稻麦草的其他制浆方法	110
第一节 亚硫酸钠法制浆	110
第二节 中性亚硫酸铵法制浆	115
第三节 半化学法制浆	118
第四节 机械化学法制浆	120
第五章 稻麦草浆的洗涤和黑液综合利用	122
第一节 稻麦草浆的洗涤	122
第二节 浆料洗涤和黑液提取设备	126

第三节	碱法制浆黑液的综合利用	145
第四节	洗涤车间的生产检查	152
第六章	稻麦草浆的筛选和浓缩	155
第一节	筛选和净化	155
第二节	筛选设备	160
第三节	净化设备	177
第四节	稻麦草浆的浓缩和贮存	185
第五节	筛选车间的生产检查	191
第七章	稻麦草浆的漂白	194
第一节	纸浆漂白原理	194
第二节	次氯酸盐漂液的制备	199
第三节	次氯酸盐单段漂白	211
第四节	次氯酸盐两段漂白	220
第五节	稻麦草浆三段漂白	221
第六节	稻麦草浆的二氧化氯漂白	225
第七节	漂白稻麦草浆的回色问题	231
第八节	漂白车间安全知识	234
第九节	漂白车间的生产检查	238

第一章 稻麦草纤维原料的性质

第一节 稻麦草的结构和形态

一、稻麦草的结构要素

稻麦草与其他植物一样，是由连续的、有组织的细胞群构成。这些细胞群又组成各种植物组织，各自负有其特殊职责。在显微镜下观察稻麦草细胞，可以发现相邻细胞的细胞壁有着明显的三个分层（图 1-1）。中间一层为两个相邻细胞

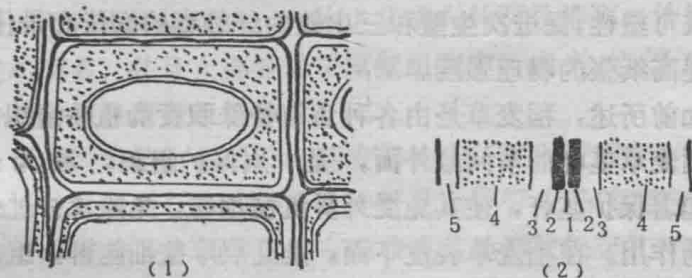


图 1-1 细胞壁结构示意图

(1) 细胞腔 (2) 细胞壁

1—胞间层 2—初生壁 3,4,5—次生壁的外、中、内层

所共有的，叫做胞间层，又称中层或介层。胞间层负有粘合细胞，增加植物机械强度的任务。相邻两个细胞都各有自己的细胞壁，紧贴着胞间层，这是细胞的最外面一层，是由细胞分裂后的两个子细胞的原生质体分别地分泌而构成，称为初生壁，其厚度较小。在细胞停止生长以后，细胞壁又会继

续增厚，在初生壁里面形成次生壁，其厚度较大。次生壁一般又可分为外、中、内三个同心层，每层又由若干薄层组成。从细胞腔向外，分析各层细胞壁的化学组成，可以发现，纤维素含量逐渐减少，半纤维素、木素含量逐渐增多。也就是说，初生壁含木素较多，次生壁外层含半纤维素较多，而次生壁内层则带有较多纤维素。有人又认为，在次生壁内，还有一层较厚的三生壁(或称内生壁)，主要由纤维素构成。

草类纤维的初生壁不但较薄，而且脆硬，同时又是高度木化，通过木素，与邻近纤维细胞的初生壁牢固地结合着。次生壁和三生壁则显得较厚，且极柔韧，木化程度又低，因此较易润胀和帚化。制浆造纸过程就是根据这些特点，运用机械方法或化学方法，将纤维(即单个细胞)有效地分离出来，与此同时尽可能做到剥除初生壁，或改变其性质，使其软化成可塑性，促进次生壁和三生壁的纤维素的润胀和帚化，从而提高纸张的物理强度。

如前所述，稻麦草是由各种负有特殊职责的植物组织构成。稻麦草茎秆的节间最外面，是一层保护组织，称为表皮，起着保护茎秆，使其免受外界机械损伤，免除水分过分蒸腾的作用。在稻麦草表皮下面，是几层厚壁细胞群，组成厚壁组织(又称机械组织或支持组织)，支持着茎秆，使其具有一定强度，且能挺立。稻麦草的厚壁组织主要是由纤维细胞(简称纤维)组成，并带有少量石细胞。稻麦草的纤维细胞细长，两端尖锐，呈纺锤状，其长度多为宽度的100倍以上，细胞腔狭窄，胞壁较厚，而且往往经过矿质化(含有硅质积聚物)。这一部分纤维细胞就是制浆造纸所需的纤维。就稻麦草来说，纤维细胞的数量约为各种细胞总量的40~60%(按面积计算)。石细胞是指较短的非纺锤状厚壁细胞。石细胞短细，

强度又差，在制浆造纸工业中，被列入不受欢迎的杂细胞范围内。

在稻麦草厚壁组织的里面，即为主要由薄壁细胞组成的薄壁组织（又称基本组织）。薄壁细胞多为球形、椭圆形或等面体，胞壁主要含纤维素。薄壁细胞是具有生活力的细胞，在植物的生长过程中有吸收养料、贮存养料以及促进光合作用等功能。在稻麦草的薄壁组织中，又有大量维管束，大体上分成内外两轮排列；外轮维管束小而多，并且大部分位于厚壁组织中，内轮维管束大而少，排列在薄壁组织中(图 1-2)。

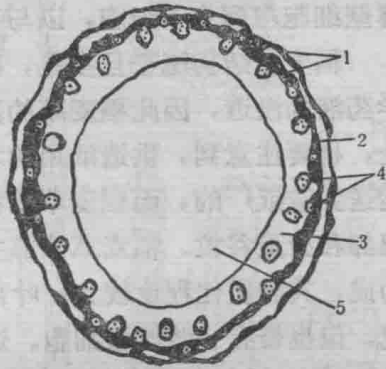


图 1-2 黑麦茎秆横切面示意图
1—厚壁纤维 2—外方薄壁细胞(含叶绿体) 3—薄壁组织 4—维管束 5—髓

维管束是由木质部和韧皮部构成。在木质部中，主要是负有输送养料任务的导管。导管是由导管分子(细胞)连结组成；导管分子之间常常带有梯状或其他形状的穿孔。在导管之间，又有一些薄壁细胞或木质化的厚壁细胞。韧皮部是在木质部的外方，由筛管和伴胞构成。筛管是由筛管分子(细胞)连结组成，也是输送养料的通道。筛管分子壁薄，由纤维素构成，没有经过木质化。筛管分子之间具有筛孔，管壁上有时也有筛孔。伴胞是指生长在筛管分子侧面，并与筛管分子伴生的小型薄壁细胞。另外，在木质部内方和韧皮部外方，又有成束的纤维组织。这些纤维组织向两侧延伸，将整个维管束包围着，形成维管束鞘。

对制浆造纸工业来说，薄壁组织中的导管、筛管、伴胞和薄壁细胞均列为杂细胞，以与有价值的纤维细胞有所区别。

稻麦草结构疏松且多孔，在制浆的蒸煮过程中较易受化学药液的浸透，因此稻麦草的蒸煮要比木材的来得容易。但是，也要注意，供造纸用的木材是以去枝去叶的原木型式运送到造纸厂的，而稻麦草茎秆则除带节外，还带有叶部、穗部和少量谷粒。稻麦草节部主要是由表皮细胞和薄壁细胞构成，其硅质化程度较大；叶部和穗部则主要由薄壁细胞构成，但也带有一些厚壁细胞。这些细胞又大多数是高度硅质化的。由此可见，在稻麦草的节、叶和穗中，存有大量对造纸没有价值的薄壁细胞，因此应该在制浆过程中设法予以妥善处理。在实际生产中，稻麦草的备料过程则应包括去叶除穗、回收谷粒以及切料，为制浆的蒸煮过程创造条件。

二、稻麦草的纤维形态

(一) 稻草的纤维形态

稻草茎秆纤维短而细。纤维长度 277.2~1981.6 微米，平均在 1000 微米左右；宽度 3.9~18.1 微米，平均为 9 微米左右；长宽比值多在 100 以上。细胞壁厚 2.6~4.8 微米，平均 3.3 微米。胞壁上有较明显的纹孔(如图 1-3 中 5)，或不甚明显的纹孔(例如图 6 和 7 所示长度较大的纤维，其胞壁纹孔只有用高倍显微镜方能看出)。由图 1-3 又可以看到，茎部表皮细胞中的细长细胞的边缘或呈平滑状(图中 3)，或呈锯齿状(图中 1 和 2)。茎部表皮细胞是由两个短细胞和一个长细胞交互排列而组成的。稻草纤维中的薄壁细胞，则由于在植物体中所处部位不同，其大小和形状各异(见图中 8~11)。图中 4 为稻草纤维的横切面。

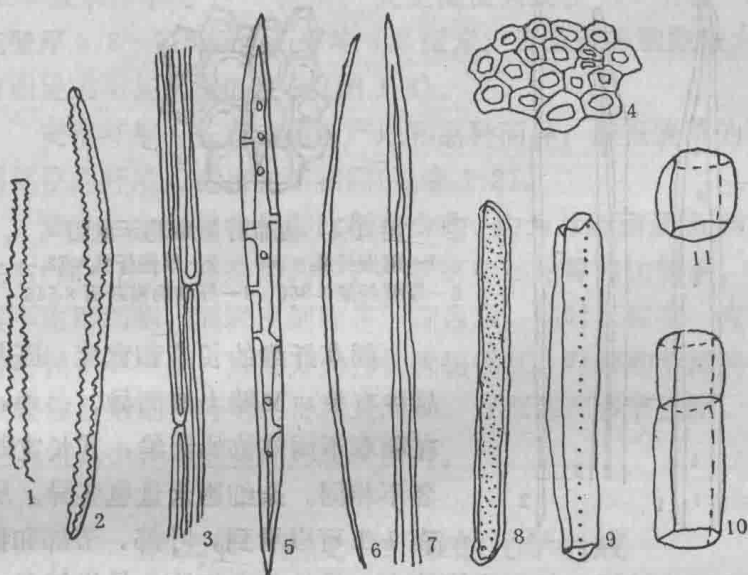


图 1-3 稻草细胞示意图

表 1-1 稻草各个部位纤维长宽示例

部 位	长 宽	长 度 (毫米)				宽 度 (微米)				长宽 比值
		平均	最大	最小	一 般	平均	最大	最小	一 般	
全 部 位		0.92	3.07	0.26	0.47~1.43	8.1	17.2	4.3	6.0~9.5	114
茎 部		1.00	2.13	0.47	0.75~1.17	8.9	20.6	4.3	6.5~12.9	112
袴 部		0.85	2.61	0.26	0.44~1.14	8.1	12.3	4.9	5.9~9.8	105
叶 部		0.64	1.21	0.18	0.39~0.88	6.7	9.3	4.9	5.9~8.3	96
节 部		0.33	0.68	0.14	0.20~0.46	9.9	14.7	4.9	7.4~13.7	33
穗 部		0.58	1.38	0.18	0.29~0.88	10.1	17.2	5.9	8.3~13.7	57

注: (1) 摘自第一轻工业部造纸工业科学研究所:《中国造纸原料纤维图谱》(轻工业出版社, 1965 年)。

(2) 稻草样品产地为辽宁省丹东市。

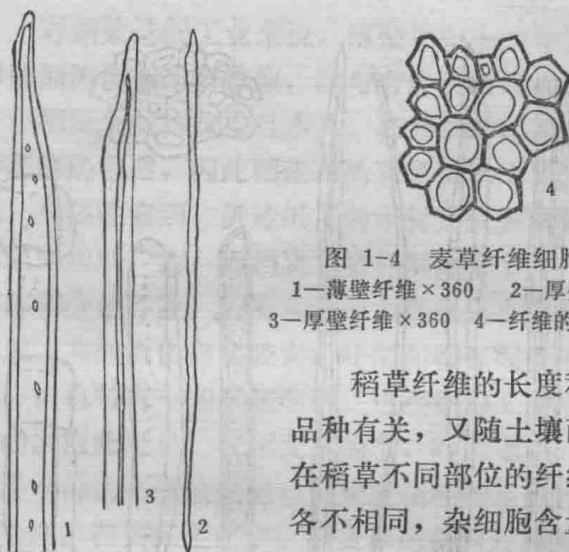


图 1-4 麦草纤维细胞示意图

1—薄壁纤维×360 2—厚壁纤维×72
3—厚壁纤维×360 4—纤维的横断面×545

稻草纤维的长度和宽度，既与品种有关，又随土壤而异。另外，在稻草不同部位的纤维，其长宽既各不相同，杂细胞含量也各异。从表 1-1 可以看到，叶部、节部和穗部的纤维较短，长宽比值较小，另外其杂细胞含量也较多，作为造纸原料的价值显然不及茎部和秆部。

(二) 麦草的纤维形态

与稻草纤维相比较，麦草纤维显得较长、较粗。麦草纤维长度为 414.1~3918.8 微米，平均 1324.4 微米，直径 6.5~

表 1-2 麦草各个部位纤维长宽示例

部 位	长 宽	长 度 (毫米)				宽 度 (微米)				长宽
		平均	最大	最小	一 般	平均	最大	最小	一 般	比值
全 部 位		1.32	2.94	0.61	1.03~1.60	12.9	24.5	7.4	9.3~15.7	102
茎 部		1.52	2.63	0.66	1.07~1.88	14.0	27.9	8.3	12.7~18.6	109
挺 部		1.21	2.39	0.39	0.35~1.56	11.5	24.5	7.4	8.8~15.7	105
秆 部		1.26	3.31	0.44	0.70~1.80	14.7	34.3	8.8	9.8~18.6	86
叶 部		0.86	1.47	0.24	0.59~1.16	12.1	19.6	6.4	3.8~18.6	71
节 部		0.47	1.29	0.18	0.24~0.77	17.8	43.1	8.3	9.8~27.0	26

注：(1) 资料来源同表 1-1。(2) 麦草样品产地为河北省。

27.4 微米，平均 14.2 微米；长宽比值大致在 100 左右。细胞壁厚 2.2~7.8 微米，平均 5.2 微米。麦草纤维细胞腔较大，有明显或不甚明显的纹孔（图 1-4）。

麦草纤维的长宽也是随产地和品种而异；整根麦草的不同部位的纤维长宽也各不相同（见表 1-2）。

麦草的杂细胞含量要比稻草少些，约为总细胞量的 40% 左右（面积法）。在杂细胞中，杆状薄壁细胞显然比较多，没有不定形细胞，而表皮细胞多呈锯齿形，同时又较宽。麦草含有较多石细胞，大部分为杆状或纺锤状。叶部和节部的纤维较短且杂乱。特别值得注意的是，麦草穗部多节且硬，纤维既短又少，不适宜作为造纸原料。

第二节 稻麦草纤维的化学组成

一、稻麦草纤维化学组成的特点

表 1-3 及表 1-4 为稻草和麦草的化学组成示例。从表中所示数据可以看到，在稻麦草的化学组成中，纤维素、木素和多戊糖占有较大比重。这是一切植物纤维化学组成的共有特性；也就是说，任何植物纤维都是主要由纤维素、木素和半纤维素（以其水解产物多戊糖和多己糖为代表）所组成。

表中所示灰分数据，是指由无机盐构成的灰分，主要由钙、钾、铝、铁、钠、锰和二氧化硅等化合物组成。从表中可以看到，稻麦草的灰分含量都比较高；灰分中又常常以二氧化硅为主要成分。这是禾本科植物的共有特性，而在禾本科植物中，又以稻草最为突出。

用冷水、热水抽提植物纤维原料，可以溶解植物纤维中的糖类、淀粉、果胶等比较简单的碳水化合物，并能部分地

溶解丹宁、色素等。采用 1% 氢氧化钠进行抽提，则除能溶

表 1-3 稻草化学组成示例

项 目 \ 产 地	江 苏	浙江嘉兴	安徽泾县	河 北	丹 东	四 川
水 分 (%)	9.87	—	—	—	11.53	—
灰 分 (%)	15.50	10.92	16.79	14.00	14.15	14.95
冷水抽出物 (%)	6.85	—	—	—	—	—
热水抽出物 (%)	28.50	—	—	—	—	13.14
乙醚抽出物 (%)	0.65	—	—	—	—	—
苯醇抽出物 (%)	—	8.43	4.06	5.27	6.68	2.26
1%NaOH抽出物 (%)	47.70	52.73	50.06	55.04	48.79	46.92
果 胶 (%)	0.21	—	—	—	—	—
多 戊 糖 (%)	18.06	19.55	20.15	19.80	21.08	21.09
木 素 (%)	14.05	11.23	8.32	11.93	9.49	10.87
纤 维 素* (%)	36.20	36.85	37.58	35.23	36.73	38.05

* 采用乙醇硝酸法测定。

表 1-4 麦草化学组成示例

项 目 \ 产 地	河 北	陕 西	江 西
水 分 %	10.65	9.2	10.60
灰 分 %	6.04	8.22	7.97
冷水抽出物 %	5.36	7.14	11.30
热水抽出物 %	23.15	—	13.02
乙醚抽出物 %	0.51	—	—
苯醇抽出物 %	—	5.11	3.47
1%NaOH抽出物 %	44.56	46.82	46.70
多 戊 糖 %	25.56	22.8	25.05
木 素 %	22.34	17.05	26.36
纤 维 素* %	40.40	44.33	42.09

* 采用乙醇硝酸法测定。

解冷水和热水所能溶出的物质外，又能溶解一部分木素、多戊糖、多己糖、树脂酸和糖醛酸。根据 1% 氢氧化钠抽出物的多少，又可以大体上判断植物纤维原料受光、受热、氧化或细菌侵蚀等作用而变质或腐朽的程度。稻麦草的冷水、热水和 1% 氢氧化钠抽出物都比较多；这种情况在禾本科植物中具有一定代表性。

采用有机溶剂抽提，可以溶出植物纤维原料中的脂肪、树脂、蜡类等。只有木材，特别是松木，才含有较多的树脂。跟一切禾本科植物一样，稻麦草只含有脂肪和蜡类。

植物纤维原料往往由于产区不同，其化学组成也不完全相同，这是由于气候情况、土壤性质以及种植条件不一样所造成。这种情况可见表 1-3 和表 1-4。

综合上述情况可见，稻麦草化学组成的主要特点是：半纤维素较多，1% 氢氧化钠抽提物多，灰分含量高。与麦草相比较，稻草含有更多的灰分，而且二氧化硅在灰分中占据着较大比重。

应该特别注意到，稻麦草节部在制浆造纸过程中的为害性。如前所述，草节坚硬，不易处理，往往是漂白稻麦草浆中黄色尘埃的主要根源。节部灰分含量极高，且大部分为二氧化硅（见表 1-5）。在制浆造纸过程中，部分二氧化硅残留在纸浆中，造成纸浆尘埃度较多的后果，另一部分则溶解于蒸煮药液中，给从蒸煮后的黑液中回收化学药品，带来操作上的困难。

二、稻麦草纤维的化学组成

（一）纤维素

纤维素是由大量葡萄糖构成的直链状巨分子化合物。纤

表 1-5

稻草节部化学组成示例

水	分	(%)	12.25
灰	分	(%)	12.82
苯 醇 抽 出 物	(%)		6.58
1 % NaOH 抽 出 物	(%)		58.04
纤 维 素*	(%)		27.46
木 素	(%)		10.11
多 戊 糖	(%)		21.67
灰 分 分 析:			
二 氧 化 硅	(%)		89.50
铁 铝 氧 化 物	(%)		1.57
氧 化 钙	(%)		0.41
氧 化 镁	(%)		1.07

* 采用乙醇硝酸法测定，并除去灰分。

维素的分子式可以简单地写为 $(C_6H_{10}O_5)_n$ ， n 代表着葡萄糖基的个数，称为纤维素的聚合度（简称 D. P.）。棉纤维素的聚合度高达 3000~5000，木材纤维素的聚合度也在 2000~2500 以上，草类纤维素的聚合度稍为低些，经过加工制成纸浆后，其聚合度只有 600~1000。

纤维素本身呈白色，比重在 1.50~1.56 左右，比热为 0.32~0.33 左右。

纤维素具有吸附水分而润胀的特性，这一特性对提高纸张的物理强度具有特殊意义。同样，纤维素又能在不同浓度的碱液作用下，发生润胀，直至完全溶解。

纤维素不溶解于水，也不溶解于乙醇、丙酮、乙醚等有机溶剂，但可以溶解于铜铵溶液 $[Cu(NH_3)_4(OH)_2]$ 。利用纤维素溶解于铜铵溶液这一特性，又可测定纤维素的粘度和分子量。

在植物纤维原料化学成分分析资料中，往往会见到甲、乙、丙种纤维素（又称 α 、 β 、 γ 纤维素），综纤维素，克贝纤维素等不同术语，这代表着采用不同方法从植物纤维原料中分离出来的“纤维素”。在这些“纤维素”中，实际上只有甲种纤维素属于“真正”纤维素*，其他的都是纤维素和半纤维素混合在一起的碳水化合物。

甲种纤维素是指在20℃条件下，不溶解于17.5%氢氧化钠的“真正”纤维素。将甲种纤维素进行过滤后，对其滤液加以酸化，可得到称为乙种纤维素的沉淀物，而溶解于酸化后滤液中的碳水化合物，则为丙种纤维素。由此可见，乙和丙种纤维素实际上含有大量半纤维素和降解纤维素。

综纤维素是指采用氯气处理植物纤维原料除去木素，然后再经过乙醇和胺基乙醇抽提，所得的残留物质。综纤维素包含植物纤维原料中几乎全部碳水化合物，即几乎全部纤维素和半纤维素。综纤维素还可以通过其他的分析方法测定，不一一介绍。

克贝纤维素是指按照克劳斯和贝文两人所提出的分析方法，除去木素，而得到的碳水化合物。克贝纤维素所含半纤维素少些，因此克贝纤维素的数据要比综纤维素的低些。

近年来，我国研究部门多已采用乙醇、硝酸法测定植物纤维原料的纤维素含量，主要是考虑到操作步骤较简便，且测定数据较为接近于“真正”纤维素。

（二）半纤维素

指植物纤维原料中除果胶和淀粉以外的非纤维素碳水化合物。半纤维素易于水解，生成单糖（戊糖或己糖）；半

* “真正”两字带引号，说明甲种纤维素跟天然纤维素是有区别的。