

造纸工人技术读本

# 稻草麦草制浆

西北轻工业学院 编  
上海市造纸工业公司

轻工业出版社

造纸工人技术读本

# 稻 麦 草 制 浆

西北轻工业学院 编  
上海市造纸工业公司

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。

造纸工人技术读本

### 稻 麦 草 制 浆

西北轻工业学院 编  
上海市造纸工业公司

轻 工 业 出 版 社 出 版  
(北京阜成路3号)

兰 州 新 华 印 刷 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

1980年3月第一版第二次印刷

1982年2月第一版第三次印刷

印数:24,501—30,000 定价:0.55元

统一书号:15042·1461

## 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。随着农业生产科学技术的不断发展稻、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

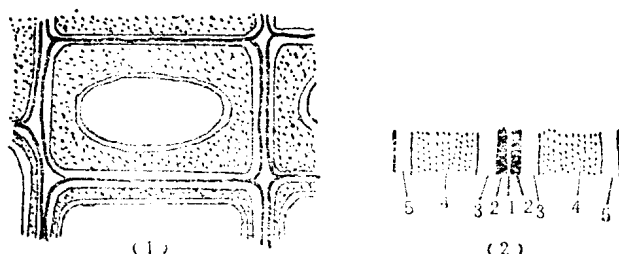


图 1-1 细胞壁结构示意图

(1) 细胞壁 (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粘合着。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。稻麦草茎杆的节间最外面，是一层保护组织，称为表皮，起着保护茎杆，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)，支持着茎杆，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)。

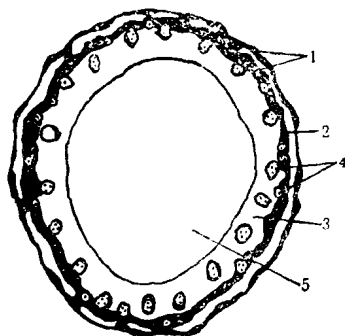


图 1-2 黑麦茎杆横切面示意图  
1—厚壁纤维 2—外方薄壁细胞(含叶绿体) 3—薄壁组织 4—维管束 5—髓

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。

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。

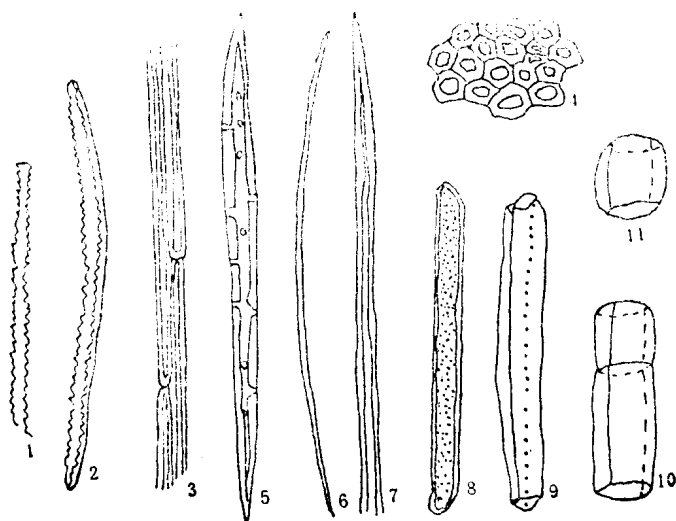


图 1-3 稻草细胞示意图

表 1-1

稻草各个部位纤维长宽示例

| 部<br>位 | 长<br>宽 | 长 度 (毫米) |      |      |           | 宽 度 (微米) |      |     |          | 长宽<br>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      |
| 秆 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。

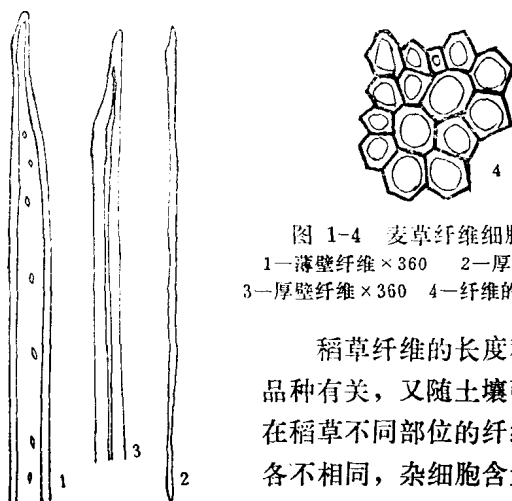


图 1-4 麦草纤维细胞示意图  
1—薄壁纤维×360 2—厚壁纤维×72  
3—厚壁纤维×360 4—纤维的横断面×545

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<br>比值 |
|-------|-----|----------|------|------|-----------|----------|------|-----|-----------|----------|
|       |     | 平均       | 最大   | 最小   | 一 般       | 平均       | 最大   | 最小  | 一 般       |          |
| 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 | 0.85~1.55 | 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   |     | 0.26     | 1.47 | 0.24 | 0.59~1.16 | 12.1     | 19.6 | 6.4 | 8.8~18.6  | 71       |
| 节 部   |     | 0.17     | 1.29 | 0.15 | 0.24~0.77 | 17.2     | 13.1 | 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 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 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。