

中等林业学校交流讲义

植物水解工艺学



植物水解工艺学编写组编

林产化学工业专业用

农业出版社

中等林业学校交流讲义

植物水解工艺学

植物水解工艺学编写组编

林产化学工业专业用

农业出版社

中等林業學校交流講義
植物水解工艺学
植物水解工艺学編寫組編

农。业 出 版 社 出 版

北京西便门大街7号

(北京市書刊出版業營業許可証出字第 106 号)

新華書店科技發行所發行 各地新華書店經售

东單印刷厂印刷裝訂

統一書号 15144.262

1961 年 7 月北京制稿

1961 年 7 月制版

1961 年 7 月北京第一次印刷

印數 1—1,800

開本 787×1092毫米

三十二分之二

字數 154千字

印張 六又十六分之九 第二

定價 (9) 六角七分

目 錄

第一章 水解工业的原料	5
第一节 水解原料的种类和特征	5
第二节 原料的物理性質和化学組成	5
第三节 原料种类和水解生产的关系	9
第四节 原料的切碎和运输	10
第二章 植物稀酸水解理論基础	16
第一节 多糖水解机理	16
第二节 单糖分解机理	18
第三节 多糖水解和单糖分解动力学	19
第三章 木材稀硫酸水解制酒精工艺	25
第一节 木材稀硫酸固定法水解工艺	26
第二节 木材稀硫酸渗滤法高压水解工艺	34
第三节 水解液的中和、淨化和冷却	56
第四节 木材水解液的酒精发酵	75
第五节 醪液的粗餾和精餾	98
第四章 木材的浓酸水解	116
第一节 木材浓盐酸水解制取葡萄糖工艺	116
第二节 木材浓硫酸水解	135
第五章 飼料酵母生产	146
第一节 概述	146
第二节 酵母繁殖的适宜条件	147
第三节 菌种的选择及純种的制备	151

目 录

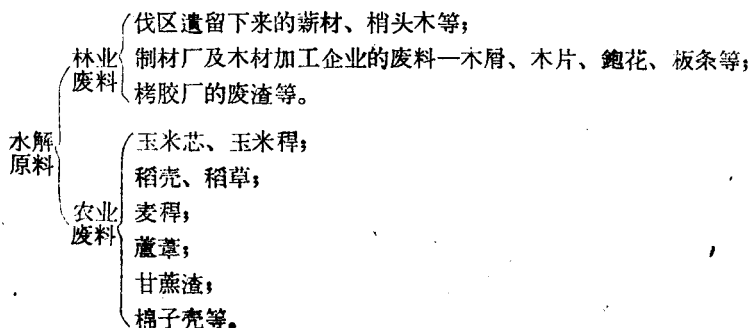
第四节	輔助营养物質的制备	154
第五节	飼料酵母生产工艺	155
第六节	酵母生产的主要設備	163
第六章	糠醛生产	175
第一节	概述	175
第二节	生产糠醛的原料	175
第三节	糠醛生成的机理和影响因素	176
第四节	糠醛生产方法及其工艺流程	183
第五节	糠醛的应用	190
第七章	水解副产品的利用	191
第一节	水解木素的利用	191
第二节	液体二氧化碳和干冰的生产	206
第三节	醋酸鈉的生产	208

第一章 水解工業的原料

第一節 水解原料的種類和特征

水解工業是利用植物組織中的多糖(纖維素和半纖維素)，經過水解和進一步的加工，生產大量的化工产品。所以富含多糖的植物組織，都是水解工業的原料。

水解工業上常用的一些原料，大体上有以下幾種：



在选择水解工業用的原料時，以纖維素、半纖維素含量較高和灰分含量少的為宜，因為這樣的原料水解後，糖的得率多，酸的損耗量也少。

第二節 原料的物理性質和化學組成

為了解決水解生產上一系列的問題，這裡僅就木材的物理、

化学性質，其中特別重要的是：比重和容積重、含水率以及原料的組成特征加以簡單的敘述。

一、含水率

木材中含有的水分有兩種，一為吸附在纖維上的結合水；一為存在於液胞中的游離水。新採伐的木材中，游離水約占30—35%，結合水約為25—30%。針葉材的平均含水率通常略高於闊葉材，前者為54—61%，後者為45—53%。顯然，闊葉材具有較大的密度。

木材中的邊材部分生活細胞多，因而隨着邊材百分數的增加，木材含水率也相應加大。另外木材的含水率還與採伐季節、運輸方法、存放時間等有关。

新採伐木材的含水率通常在60%以上，風干材為15—20%，一般在40—60%左右。水解廠加工的木屑，含水率平均為40—48%。

二、比重和容積重

無孔隙的絕干材比重，對於任一樹種幾乎都是一樣的，平均等於1.55；木材的容積重（即一立方厘米木材的重量克數）視樹種而異，一般在0.4—1.0克/厘米³左右。

容積重隨着含水率的升高而增加；這是由於木材孔隙中充滿水分的原因。表1—1列出兩種樹種的容積重與含水率的关系。

此外，年輪的寬度、生長條件、樹齡、樹干位置等都能引起容積重的很大變化。容積重對於計算水解器中裝入的木材重量時，是有重大意義的。

木材加工後的碎料容積重（通常以裝載密度表示），對於水解生產的計算上也是非常重要的；隨着料層高度的不同，其容積重也有相應的改變。例如木屑自然裝料層高二米時，其容積重為120公

表 1—1 木材容積重與含水率的关系

編 号	含 水 率 %		平 均 容 積 重	
	絕 对	相 对	松 樹	白 樺
1.	0	0	0.47	0.61
2	10	9	0.49	0.63
3	25	20	0.53	0.67
4	50	33	0.63	0.79
5	75	43	0.74	0.91
6	100	50	0.85	1.05

斤/米³(絕干),当层高十米时;由于木屑本身重量的关系,其容積重增加到135公斤/米³;如果采用蒸汽冲击或机械压緊裝料时,則木屑的容積重会达180公斤/米³左右。

鈹花的容積重較木屑为小,一般为85—100公斤/米³左右。

木片的容積重(大小为45×10×3毫米)平均为135—160公斤/米³。

三、原料的組成特征

木材由于树种的不同,其化学組成也有較大的差异。表1—2

表 1—2 不同树种的化学組成

类 别	树 种	纖 維 素	木 素	多聚戊糖	灰 分
針 叶 材	松 樹	54.25	26.35	11.02	0.39
	云 杉	57.84	28.29	11.30	0.77
闊 叶 材	樺 木	45.30	19.56	27.07	0.39
	楊 木	47.11	18.24	23.75	0.32

列出四种針叶材闊叶材的化学組成。

由表1—2可以看出,針叶材中含有的纖維素、木素、树脂等,均比闊叶树为多;而闊叶材中的多聚戊糖又較針叶树多得多。由于其他化学成分不同,就决定了水解工业加工产品和利用途径的差异。

农业废料的化学組成又不同于木材,其中多聚戊糖的含量都比較高。几种主要农业废料的化学組成如表1—3。

表1—3 几种主要农业废料的化学組成

原 料	纖維素	木 素	多聚戊糖	灰 分
麥 稈	34	23—25	19—27	4.5—5.5
玉 米 芯	33—36	30—36	32—40	1.2—1.6
玉 米 稈	30—45	14—16	28—30	4.5—6.0
向日葵籽壳	28—40	27—29	26—28	1.8—2.0
棉 子 壳	45—48	29—32	28—25	2.0—2.5
稻 壳	21—43	24.4	22	11.4—19
稻 草	42—45	31	19—24	12—14.4
蘆 葦	40—48	20—40	22—26	3—6
甘蔗渣	48.2	39.1	29.1	9.83

从表1—3可以看出,农业废料中纖維素含量較木材为少,但多聚戊糖的含量一般都很高,特别是玉米芯的多聚戊糖含量高达32—40%,几乎为針叶材中多聚戊糖量的三倍以上。

四、原料中多糖的分类

林业或是农业废料組成中,有些多糖类容易水解,而另一些則比較难于水解;在难易水解之間划一明显界綫是有困难的,因为水解条件的不同,这些对比关系就要发生变化。一般認為能直接溶解于冷热水中,或是用2—2.5%的硫酸在水浴上煮沸5—6小时后轉入溶液中的多糖,即称为易水解多糖;在这样的条件下不溶解,但用

72%的硫酸在常溫下能溶解的一些多糖,称为难水解多糖。

易水解多糖是許多物質的复杂混合物,其中有半纖維素(其中有多聚木糖、多聚阿拉伯糖和多聚甘露糖等)、果胶質(果胶和多聚阿拉伯糖、半乳糖等)以及部分的淀粉。半纖維素中有一部分則属于难水解多糖类,如針叶树中有2.1%的多聚甘露糖和2%的多聚木糖,闊叶树中2.31%的多聚木糖即属于难水解多糖。

难水解多糖是由纖維素以及少量难水解的多聚甘露糖和多聚木糖所組成。

在水解工业上具有实践意义的另一种区分方法,是以多糖水解后可否发酵生成酒精为准则。因而有发酵性糖和不可发酵性糖之分。前者有纖維素、多聚甘露糖、部分多聚半乳糖和淀粉等;后者有多聚木糖、多聚阿拉伯糖和甲基多聚戊糖等。

第三節 原料種類和水解生產的關係

如上所述,各种林(农)业废材废料,都是水解工业上很好的原料。但是新建水解厂时,首先必須确定原料的种类、来源、数量、集中程度和运输条件等。原料确定以后,才能考虑水解厂的規模和主要产品方案。

各种原料的組成是不同的,因而水解加工后所得到的产品也不一样。例如确定以纖維素含量較高的針叶材或甘蔗渣为原料时,則可建立以酒精生产为主,酵母、糠醛为輔的水解厂;如确定以多聚戊糖含量較多的玉米芯为原料时,則可建立以糠醛、飼料酵母或木糖醇为主,酒精生产为輔的水解厂。

水解后剩余的水解木素,数量巨大,是一項必須解决和值得注意的副产品。可以根据需要和条件,建立木素利用車間,例如木素纖維板生产、木素干餾加工以及其他化学方面的利用。总之必須因

地制宜,力求原料的綜合利用,以达到經濟合理的組織生产。

第四節 原料的切碎和運輸

一、水解生产对原料的要求

从制材厂和木材加工企业所得到的木材废料,如木屑、刨花和木片,以及农产品加工厂得到的稻壳、棉子壳、甘蔗渣等,一般不必經過加工,就可以直接用作水解原料。但一些板条、板皮、长条薪材、稻草、玉米稈等原料,則必須在水解前先切碎成一定大小,然后再輸送到水解車間去进行加工。

水解生产上要求的原料顆粒度,应尽可能均匀一致,不宜过大过小。若是原料顆粒过大时,酸向其中渗透就慢,在木材的内外部分水解就会不均匀;另外,水解糖从大顆粒内部扩散到液相的速度也会延长,从而增加糖分解的损失,直接地降低了产糖率。至于顆粒过小时,則易于堵塞水解器的过滤裝置,对水解生产也是不利的。

二、长条廢材的切碎和切碎机械

为了获得一定大小和合乎水解要求的原料顆粒,因而一些长条的林(农)业廢材废料,必須进一步切碎。切碎设备的种类很多,随着加工原料性質的不同,可以采用不同型式特征的切碎机械。下面仅就切碎木材的机械——刨片机加以介紹。

刨片机是水解厂备料車間的主要設備,它是用来把大块木材和长条廢材刨成木片。应用最多的是帶有3—4把刀的圓盘刨片机,其构造如图1—1所示。

刨片机的主要部件是一垂直裝設的直径不等的鋼制圓盘(1),圓盘借联軸器与在三个軸承(4)內旋轉的鋼制主軸(2)相連接。配

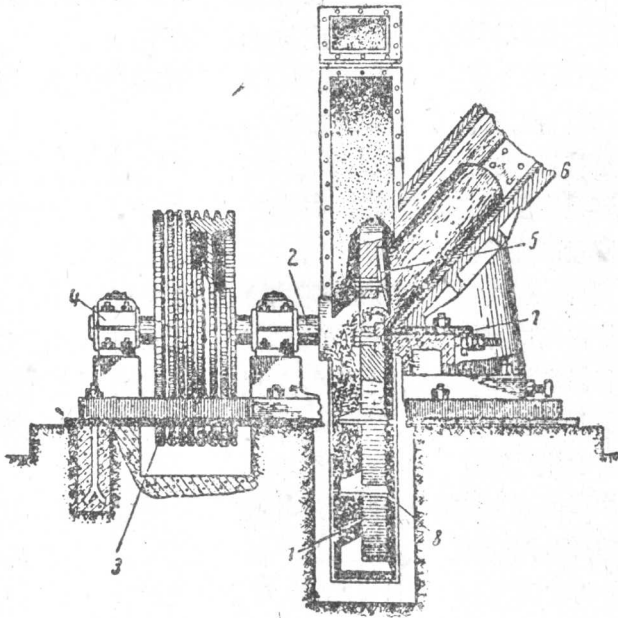


图1-1 削片机

1—圆盘 2—主轴 3—皮带轮 4—轴承 5—削刀 6—虎口 7—底座
刀 8—桨叶

置在虎口附近的一个轴承是止推轴承，其用途是承受切削期间所产生的轴向压力。主轴(2)上装有皮带轮(3)，用三角皮带与电动机相联。轴承安装在铸铁制的底座上，在底座上并安装有虎口(6)(进料斜槽)，沿着虎口将木材送到圆盘上。

圆盘的一面有等角的槽，其中装有四把锐利的削刀(5)，削刀是由特殊的钢制成。每把刀都是用五个埋头螺栓紧固到圆盘上，刀的下面都有一个楔形断面的钢衬垫，改变衬垫的尺寸，即可调节刀口伸出圆盘的距离。刀口伸出盘面的高度，就决定削出木片的厚薄，每把刀的前面，设有供切下木片通过的纵向切口。

为了防止圆盘切口的磨損,在与削刀相对壁上的专门槽內,用螺栓固定一块保护板,此保护板应与圆盘面齐平。

在虎口(6)的下方,安裝有底刀(7),按照磨損的情况,可借助螺旋調節器将刀移动到所需位置。

当进行操作时,木材即借着本身重量作用,順着虎口下滑,其底端即落在突出于圆盘面的鋼刀下面,刀就从木材上削下符合刀刃突出圆盘高度的椭圆形木片。木片經由刀前的切口,落入圆盘的另一側,經浆叶(8)形成的气流带出,由輸送设备送到水解工段。

削片机虎口的总傾斜角以 $50-60^{\circ}$ 較好,过大过小都会产生碎小木片和长木片,而影响木片合格率。削片刀的刀刃也非常重要,因为不仅与切削的木片質量有关,而且还与削片时的动力消耗有关,普通削片刀的角度为 $33-40^{\circ}$ 。

削片刀虽然为铬錳合金鋼制成,但切削到一定時間后,刀口会逐渐变鈍,鈍刀不可使用,必須加以砂磨后再用。换刀次数应根据所切木材的軟硬和刀的質量来决定,通常每班要换1—2次刀。切削木片时不許使用鈍刀,这样会增加电能的消耗,和降低设备生产率。

三、原料的輸送和輸送設備

合乎工艺規格要求的原料,通常是由貯料場或备料工段用各种輸送设备运送到水解工段去进行水解。水解工业上常見的一些輸送设备如下。

1. 皮帶輸送机 一般在水平或略傾斜(25°) 情况下輸送原料时使用。皮帶運輸机的装置是由一条循环带所构成,运轉于两个轉筒上,其中一个由发动机所带动的为主轉筒,物料由一端輸入,由另端卸出。

輸送带的支承部分有两种形式,当支承輸送带的滾子成水平

时,叫做水平式输送机;当支承的滚子与水平面成一角度时,謂之沟槽式输送机。輸送帶的寬度在400—1000毫米,在个别情况下也有大于这个范围的,輸送速度(裝料时)为每秒1—3米左右。

帶式輸送机的生产能力,視帶的運轉速度和裝在帶上的物料橫斷面积而定。

帶式輸送机無論在短距离或长距离都可使用,但构造和操作較為复杂。

2. 刮板運輸机 刮板運輸机的結構为一个木槽,在槽內有帶刮板的循环鏈轉动。刮板(用以輸送碎料)多半由木板制成,其邊緣具有爪手,它沿着固定槽底的導板而滑动。当刮板轉动时,即将槽中一端的物料帶走,并运到另一端的卸料口。

輸送物料可以在任何部位加入,同样也可在槽底的任何处設置有活門的卸料孔,以卸出物料。打开活門时,經過一个卸料孔,只能放出一部分物料,其余部分就可运到后面的卸料孔去。因此,这种輸送机可以同时的几个地点卸料。

輸送机的长度可以达100米,刮板的寬度可达280—600毫米,高度100—150毫米,刮板間距为400—600毫米。每个刮板可能帶动的物料体积在2.5—18.0升之間;鏈条的移动速度为每秒0.25—0.75米。

3. 斗式升降机 当物料在垂直或傾斜方向運輸时,多采用斗式升降机(图1—2)。它是由裝置于斗槽內的无端帶或鏈条所构成;无端帶循环轉动于轉筒之間。斗槽在下端裝滿物料向上輸送,当帶或鏈条輸送到上面圓筒时,斗槽翻轉,其中原料即被倒入貯料槽中。

升降机的高度可达50米,鏈条的轉动速度为每秒0.3—1.5米,斗槽的容积随着輸送物料的性质而定,一般在2—8升左右,斗槽之間的距离为0.3—0.5米。

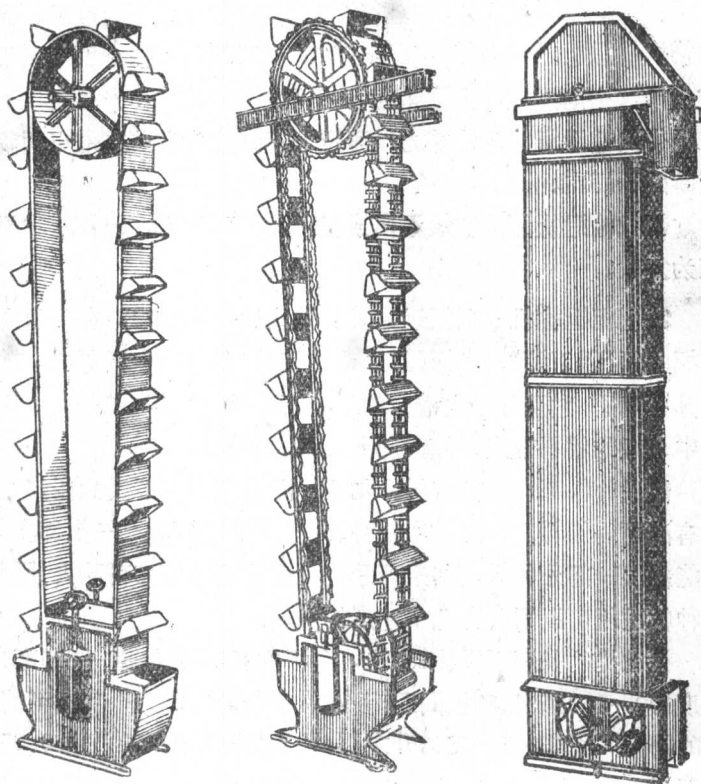


图1—2 斗式升降机

1—帶式升降机 2—鏈式升降机 3—裝在机壳內的升降机

4. 气力輸送机 气力輸送机在工业生产上得到了广泛的应用。其操作原理是以强烈的空气流沿管道輸送散碎的物料，到达輸送目的地后，物料即自气流中分离而出。

气流的产生方法有三：(1)在管道中造成真空，并向管中吸入大气；(2)向管道內压入高压空气；(3)在管道中一部分用真空法，一部分用加压法。下面仅介绍压入式气力輸送装置。

压入式气力輸送裝置的流程如图1—3所示。

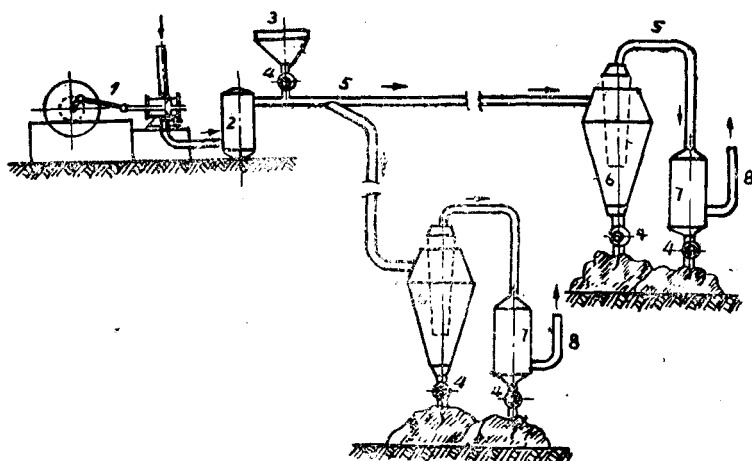


图1—3 气力輸送机

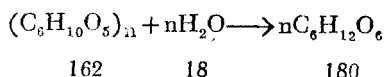
1—鼓風机 2—空气室 3—装料漏斗 4—閘門 5—輸送管 6—卸料器 7—过滤器 8—空气排出管

用鼓风机(1)压送較高于大气压的空气,先經由空气室(2)使空气压力均匀,再进入輸送管(5),把从漏斗(3)通过閘門(4)的物料沿輸送管带走,送入卸料器(6)。由于輸送管和卸料器的截面相差很大,因而空气和物料混合物的速度大为降低;同时,混合物的运动方向也产生很大变化。因此,空气中的物料顆粒失去本身速度下落,聚集在卸料器的底部,通过閘門卸出去;空气則以低速度通过袋状过滤器(7),由管(8)排往大气中去。

第二章 植物稀酸水解理論基礎

第一節 多糖水解机理

植物原料所含多糖与水作用时，即水解为相应的单糖分子。該化学反应即称为多糖的加水分解反应，簡称为水解。其反应如下式所示：



三者的系数 n 是相同的。計算一下各个分子量时，則纖維素为162，水为18，葡萄糖为180，也就是說：100公斤的纖維素經過水解以后，可以得到111公斤的葡萄糖。所获得产品量多于所用原料量，水解工业的优点之一即在于此。

上述水解反应必須在一定的条件下才能进行。如将稻草放在水中，等待其多糖变为单糖，需要經過几千年，在这种条件下，某些多糖甚至始終不可能变为单糖。因此，植物原料的水解，并非原料与水接触即发生水解反应，而是要有促进水解反应的条件，主要是温度和催化剂。

提高反应温度，可促进水解反应的加快；但單純的提高温度，也难以获得良好的水解效果。因糖在高温下是不稳定的，会迅速地受到破坏，例如将植物原料在淨水中加热到220—250℃，虽然水解反应可以进行，但最后的产品不是糖而是炭。