

高等学校試用教材

植物纖維化学

天津大学等 编

中国財政經濟出版社

等學校試用教材

植物纖維化學

天津大學等編

中國財政經濟出版社

1963年·北京

高等学校試用教材

植 物 纖 維 化 学

天 津 大 学 等 編

*

中国財政經濟出版社出版

(北京永安路18号)

北京市書刊出版业营业許可証出字第111号

中国財政經濟出版社印刷厂印刷

新华書店北京发行所发行

各地新华書店經售

*

850×1168毫米^{1/32}·13⁴/₃₂印张·1插頁·333千字

1961年8月第1版

1963年7月北京第3次印刷

印数: 2,301~3,350 定价: (10) 1.90元

統一書号: K15166·026

前 言

本書是在輕工業部委托天津大学召开的教材編选會議上，由华南化工学院、北京輕工业学院、河北輕工业学院和天津大学四个院校参加會議的教师，以四个院校所編写的植物纖維化学講义为基础，加以調整、增删，集体选編而成。

植物纖維化学是制浆造紙专业的基础理論課，本書主要适用对象是制浆造紙专业，也可供人造纖維专业、纖維素衍生物专业以及林产化学专业参考，本書使用范围是以五年制为主，四、五年制通用。完成本課所需时数，估計为64~72学时（实验除外）。选編时内容分量是按70学时估計的。对于学时数較少的学校，可根据具体情况加以适当的精簡。如書中小字部分則可以不講。各章时数分配，初步估計为：緒論1学时，第一章9学时，第二章8学时，第三章17学时，第四章27学时，第五章8学时。使用时各校可按本校具体要求，作适当的調整。

确定本書的选材与編排时，我們考虑到既須照顧課程本身的科学系統性，也必須注意与制浆造紙工艺学如何分工和配合的問題。經討論后認為本課应着重从講授植物原料主要成分的化学結構出发，再論述其性質与化学反应，并在此基础上，結合生产联系实际，对制浆造紙工业中若干基本理論問題，加以較为深入的探討。

为了貫徹我国造紙原料的使用“以非木材纖維原料为主，木材纖維原料为輔”的方針，考虑到草类种类繁多，其化学成分与生物結構对制浆造紙工业关系极为密切。为了使学生对制浆造紙植物原料的选择問題获得較为全面和系統的知識，决定将制浆造紙工艺学中原料一章的内容全部并入本課，本書将植物原料分兩

章介紹，一章系以化学成分为系統；另一章則以生物結構为系統。在講授生物結構时不必逐一加以介紹，可以选择有典型性的植物原料为代表。为了加深学生的理解，也可以考虑适当的配合显微镜实验和实物教学，以提高本課的教学質量。

經過充分討論，在处理新旧材料的取舍問題上，認為不应该过多的介紹有关理論的具体发展过程，但是也应该注意吸收比較成熟的近代科学成果。由于木素和半纖維素的研究工作，近年发展很快，故在本書中对这两章的内容作了較大的补充，以使学生获得新的理論知識，提高科学水平。

对于如何处理不同学派的理論和学說的問題，也作了討論，最后認為应选取較为广泛采用的理論或学說，例如，对纖維素結構理論，本書着重介紹二相結構理論和无定形結構理論。

对于植物原料生物結構的介紹，是从粗視結構、光显微镜下的結構以至电子显微镜下的結構，亦即在第二章中講到微細纖維結構为止，至于x-射綫的研究，即纖維素結構理論的研究，則放在纖維素及其衍生物一章介紹。

由于此門科学的有关資料多年来都得自对树木的研究，对草类纖維素、半纖維素和木素的研究，国内外都尙在进行与发展中，在本書选編过程虽然尽量收集了有关草类的資料，但是由于資料較少，所以在本書講到纖維素、半纖維素和木素时，还大多为树木的研究資料。由于树木和草类的纖維素基本相同，树木和草类的半纖維素与木素从化学結構而論属于同一类物質，所以講授树木的研究資料对了解草类还是有其现实意义的。但是为了結合我国具体情况，今后对于收集有关草类資料的工作，必須作出更大的努力。

本書吸取了几年来教育革命的成果和各院校在課程内容上所进行精簡、加深和更新的經驗。但是由于选編工作時間很短，参加选編工作的同志水平有限，虽然經很大努力，但不足之处在所难免。此外，由于全書是分章进行編写的，材料又取自各校講

义，故内容衔接上也可能存在缺点，文字也較粗糙，恳切希望使用本書的院校，本着共同努力提高教学質量的精神，提出批評和意見，以便再版时，在質量上能得到进一步的提高。

本書經輕工业部教材編审委员会組織有关人員进行了校閱，可以作为輕工业高等学校試用教材。

参加本書选編工作的有天津大学陈国符、郑延齡；华南化工学院楊之礼；北京輕工业学院张玉范；河北輕工业学院龙天善等同志。

目 录

緒 論.....	(11)
第一章 造紙植物纖維原料及其化学成分.....	(15)
第一节 植物纖維原料与造紙工业.....	(16)
一、植物纖維原料与造紙工业的关系	(16)
二、我国造紙工业以非木材纖維原料为主的方針.....	(18)
第二节 造紙植物纖維原料的化学成分总論.....	(21)
一、木化植物的主要成分概述	(21)
二、树木的化学組成	(26)
三、禾本科草类茎秆的化学組成.....	(30)
四、有机溶剂抽提物	(32)
五、含油松香, 松香, 松节油的組成	(34)
六、灰分	(37)
七、树木中的鞣質与色素	(39)
八、松属心木中的芪或 1, 2 二苯乙烯的衍生物.....	(40)
九、若干树木中的立格南 (Lignans)	(40)
十、棉麻类纖維原料的化学組成特点	(41)
第三节 我国主要造紙植物纖維原料的化学成分.....	(42)
一、禾本科茎秆纖維原料类的化学成分	(42)
二、韌皮纖維原料的化学成分	(51)
三、叶部纖維原料龙須草的化学成分	(53)
四、科毛纖維原料棉纖維的化学成分	(54)
五、野生麻类纖維原料的化学成分	(56)
六、木材纖維原料的化学成分	(56)
第二章 造紙植物纖維原料的結構与結構要素.....	(64)

第一节 植物細胞与細胞壁的构造,	
植物的組織.....	(64)
一、植物細胞的形成与纖維細胞壁的结构	(64)
二、植物的各种組織	(66)
第二节 非木材纖維原料的结构与要素.....	(68)
一、禾本科茎秆纖維原料的结构与结构要素	(68)
二、韌皮纖維原料的结构与韌皮纖維的形态	(75)
三、叶部纖維原料龙須草叶部的结构与结构要素	(79)
四、种毛纖維原料棉花的结构	(80)
第三节 木材纖維原料的结构与结构要素.....	(83)
一、树木的生长.....	(83)
二、树木的茎干构造	(84)
三、显微镜下針叶木与闊叶木的结构与结构要素 及其主要区别	(85)
第四节 植物纖維在电子显微镜下的 结构及其成分的分布.....	(92)
一、針叶木与闊叶木的纖維或管胞的微纖維结构	(92)
二、树木的棕纖維素与化学木浆的 α , β 和 γ 纖維素 及其在电子显微镜下的结构	(97)
三、苧麻, 亚麻及棉花纖維在电子显微镜下的结构.....	(103)
第五节 植物纖維结构形态与制浆造纸的关系.....	(108)
一、木材纖維的结合与化学制浆的关系	(108)
二、纖維的形态对浆张强度性质的影响	(111)
三、紙浆打浆时的若干根本問題	(116)
四、在电子显微镜下浆张中纖維与纖維的结合	(121)
第三章 木素.....	(123)
前言.....	(123)
第一节 木素的分离与分离木素性质.....	(124)
一、基本概論	(124)

二、不溶木素的分离与性質概論	(125)
三、有机溶剂木素的分离与其性質概論	(127)
四、用水溶助长剂分离的木素	(130)
第二节 磨木木素的制备与性質	(131)
一、磨木木素的制备	(131)
二、磨木木素的性質	(132)
三、木素-碳水化合物复合体-木素与半纖維素的化学联結 ..	(134)
第三节 紫外光譜、紅外光譜与木素的研究	(135)
一、吸收定律 (Beer氏定律)	(135)
二、吸收曲綫 (吸收光譜)	(137)
三、木素的模型物質	(138)
四、木素的模型物質和木素的紫外吸收光譜	(139)
五、 Δ^0 曲綫 (离子化)	(149)
六、木素的紅外吸收光譜	(154)
第四节 木素的分析与功能基	(155)
第五节 木素的反应与結構	(156)
一、主要有关木素建筑石的反应	(156)
二、与制浆造纸工业有关的反应	(170)
第六节 关于木素結構問題	(193)
一、木素結構总述	(193)
二、自木素的生物合成得到的关于木素結構的知識	(209)
第七节 針叶树、闊叶树、草类木素的区别	(213)
第八节 木素对于打浆与紙張强度的影响	(215)
第四章 纖維素及其衍生物	(218)
第一节 纖維素的化学結構	(218)
第二节 纖維素的分子量和聚合度	(227)
一、纖維素及其衍生物的稀溶液的性質	(227)
二、纖維素的平均分子量和聚合度的概念	(228)
三、測定纖維素的分子量和聚合度的化学方法	(231)

四、測定纖維素分子量和聚合度的物理化學方法	(233)
五、纖維素的多分散性與分級	(254)
六、纖維素的聚合度的實際意義	(260)
七、纖維素分子的均一性對纖維素強度性質的影響 及纖維素分子均一化的化學方法	(264)
第 三 節 纖維素的結構	(265)
一、纖維素結構的二相體系理論	(266)
二、纖維素的結晶結構	(267)
三、纖維素巨分子間的氫鍵及其影響	(271)
四、天然纖維素與水化纖維素性質的比較	(275)
五、纖維素的結晶度與到達度 (Accessibility)	(275)
六、纖維素內結晶區與無定形區的分布研究	(280)
七、卡爾金學派關於纖維素結構的無定形單相體系理論	(285)
第 四 節 纖維素的物理與物理化學性質	(288)
一、纖維素的一般物理性質	(288)
二、纖維素對水的吸着	(290)
三、纖維素的表面電化學性質及其與造紙施 膠與染色的關係	(300)
四、纖維素的潤脹與溶解	(303)
五、氫氧化銅銨 $\text{Cu}(\text{NH}_3)_n(\text{OH})_2$ 對纖維素的作用	(307)
六、鹽類溶液對纖維素潤脹與溶解的作用	(310)
第 五 節 纖維素的降解與氧化	(311)
一、纖維素的酸性水解	(311)
二、纖維素的鹼性降解	(320)
三、纖維素的氧化	(329)
四、纖維素降解的其他方法	(340)
第 六 節 纖維素衍生物	(345)
一、纖維素衍生物的概論	(345)
二、碱纖維素	(346)

三、纖維素黃酸酯	(350)
四、纖維素硝酸酯	(355)
五、纖維素醋酸酯	(361)
六、纖維素的醚	(367)
第七节 纖維素的变性	(373)
第五章 半纖維素	(378)
第一节 針叶树与闊叶树的半纖維素	(382)
第二节 半纖維素的分离	(384)
第三节 半纖維素的结构式	(385)
一、结构式的确定	(385)
二、一种針叶树半纖維素结构的举例	(391)
三、一种草类半纖維素结构的举例	(392)
第四节 果胶素的性質与结构	(392)
第五节 半纖維素的性質	(394)
第六节 半纖維素中几种主要单糖基的測定原理	(397)
一、戊糖基	(397)
二、甘露糖基	(399)
三、半乳糖基	(400)
四、己糖尾酸基	(400)
五、葡萄糖基	(400)
第七节 α -纖維素中纖維素与半纖維素的关系	(400)
第八节 亚硫酸盐法蒸煮时，单糖的生成与破坏	(405)
一、亚硫酸盐法蒸煮时单糖的生成	(405)
二、亚硫酸盐法蒸煮时单糖的破坏	(406)
第九节 在苛性鈉法和硫酸盐法蒸煮时 单糖的化学变化	(409)
第十节 浆中半纖維素的含量对其强度性質的影响	(412)
第十一节 半纖維素的工业利用	(415)

緒 論

一、植物纖維化学的主要內容与定名根据

植物纖維化学，是研究植物纖維原料的結構、化学成分及其各种成分的化学、物理的性質的科学。此門科学，就其所涉及的内容而言，是制浆造纸专业，人造纖維专业，林产化学专业以及噴漆、火药、塑料、胶片、玻璃紙等纖維素衍生物工业的基础理論知識。本課程是作为一門制浆造纸专业的基础理論課程而設置的；也可供其他有关专业参考。

制浆造纸工业的生产过程，是用化学方法、机械方法或化学机械方法，将植物纖維原料中的纖維分离提取出来，并予以重新組織制成紙張。从事制浆造纸工业专业的科学工作者和工程技术人员，首先必須結合本国造纸工业的生产实际，通晓有广泛利用前途的各种植物纖維原料的結構、化学成分，及其各种成分的化学的和物理的性質等，才能对生产所使用的原料予以全面而经济的利用，从而才能正确地控制正常生产的进行。教材內容着重介紹了我国造纸植物原料的内容，及若干結合生产、結合实际的理論問題；只有在深入鑽研了与制浆造纸工业生产有关的一系列知識之后，才能对生产中存在問題找到化学理論上的根据，从而可以改进生产，促进生产以更大的速度向前发展。故在学习制浆造纸工艺学之前，首先需要具备植物纖維化学方面的基础理論知識。此一基础理論課与制浆造纸工业的生产实践及社会主义建設有着密切的联系。

此門課程定名为“植物纖維化学”以区别于其它类纖維（如动物纖維，矿物纖維或合成纖維）的化学，而不定名为“木材化学”或“木材及纖維素化学”，是由于这門課程系闡述造纸用

各种各样的植物纖維原料的結構、化学成分及其各种成分的化学的、物理的性質的科学，而不是单独講述木材或只介紹木材及纖維素。对造紙來說，植物纖維原料中的纖維素固然是首要成分，但对于原料中的木素、半纖維素及其他少量成分，如有机溶剂抽提物（包括松香，脂肪与蜡等）、灰分、鞣質等亦应同时有所了解，方能掌握其全面。特别是由于我国造紙原料以草类纖維为主，更应该尽量的收集有关草类的研究資料。所以不应定名为“木材与纖維素化学”。

二、此門科学研究对象的特点与其他科学的关系

各类木化植物（即含有多量木素的植物）的纖維原料中的主要成分为纖維素、半纖維素及木素，此三种物質是本課程的講授重点，它們都是天然高分子化合物。所謂高分子化合物，就是分子量大到一定范围以上的化合物，通常将分子中所含原子数量达到 $10^3 \sim 10^9$ 个的，都称为高分子化合物。依其来源，分为天然的与合成的两种：天然高分子化合物是不經人工合成原来就具有很大的分子量的化合物；合成的高分子化合物則是从低分子量的单体經縮聚或聚合等办法，合成为高分子化合物。

本課程为高分子化学的一部分，是在有机化学的基础上发展起来的。講課着重从有机化学方面闡述，也須应用物理化学，植物学及物理学方面的知識。

三、这門科学与各种工业的关系

工业上利用各类植物纖維原料制造化学浆，其原理一致，都是用化学方法溶出木素，使纖維素纖維分离而成浆。浆中含有植物纖維原料中的接近全部的纖維素及部分的半纖維素，其木素含量多寡視浆的漂白精制过程或浆的純淨度而定。紙浆經過打浆的机械处理及施胶加填等阶段再制成紙张，这門科学就是着重講解上述过程的原理。

通常所說的紙漿一物，并不是单指制造各种紙及紙板的半制品來說的，精制过的化学紙漿，其成分几乎全是纖維素，又是人造絲工业的主要原料。人造纖維根据制造方法不同又可分为粘液法人造絲、銅鈹法人造絲（此二者为再生纖維素）和醋酸酯法人造絲（为纖維素的醋酯）等，此三种人造絲中，粘液法人造絲成本較低，并較为普遍；人造纖維的成本比合成纖維成本低得多，所以现今各国化学纖維的生产中，人造纖維生产的比重远大于合成纖維生产。目前我国已有生产人造纖維的化学纖維厂，今后在这方面的发展将会是远大的。

植物纖維原料的化学处理、纖維素制备和化学加工工业所包括的范围，除造紙与人造絲工业以外，还有生产酒精等产品的木材水解工业；生产火葯与噴漆的硝酸纖維素工业；生产賽璐珞、胶片等日用品的醋酸纖維素工业等等。在此类处理制备与加工过程中，也都需要具有植物纖維化学的理論知識，才能合理的选择利用原料，安排工艺方法，并有效的解决一些重要的工艺問題。

但这門課程使用对象以制漿造紙专业为主，所以对于纖維素衍生物只作簡明的叙述。

四、此門科学在近年来的发展

此門科学近年来在国际范围内正随着工业生产的發展而迅速的向前发展，尤其对半纖維素及木素的研究，发展更快，創立了許多新的理論，使許多观点迅速变得陈旧了，此次編写教材时会根据历年积累的資料，在內容取材上进一步地加深更新。对于纖維素的結構理論与纖維素及其衍生物化学的与物理的性質，由于研究它已有百年历史，已发展到一定程度，其发展虽不如半纖維素及木素方面那样快，但也有着深入的研究。此次編写教材虽然还没有全面反映出来，但对于纖維素結構理論方面的內容，則力求反映近年来新的观点。

我国造紙工业自解放以来，在党和政府的领导下，生产上得

到了迅速的恢复和发展，尤其是在党的社会主义建設总路綫、大跃进、人民公社三面紅旗的光輝照耀下到1959年底，机制紙产量已經达到170万吨。

自建国十一年来，我国在发展造紙工业生产的同时，在党的关怀与支持下，又建立起来了造紙工业科学研究工作的队伍，使造紙工业的科学技术变为广大群众性的事业。在这个基础上积极开展草类制浆造紙的研究，扩大了草类资源在造紙工业中的应用。并开展了以非木材維纖原料（如蔗渣，竹子，蘆葦等）制造人造絲浆、机械化学浆、涂布加工紙和特种工业用紙等研究生产工作；同时进行了用制浆废液制香草素、酒精、飼料酵母和水泥塑化剂的研究等等。这些都說明制浆造紙工业与这門科学有着密切联系。

自1952年院系調整之后，在高等工业院校建立了制浆造紙专业，開設了这門課程，为我国培养了掌握該門科学知識的人才。在科学院和有关部門建立了研究机构，在研究工作上作出了很大的成績，为这門科学在我国的更大发展打下了良好的基础。我們完全有信心，在党的领导下，經過有关工作人員的积极努力，今后这門科学定将在我国获得更大的发展和更广泛的应用。

第一章 造紙植物纖維原料 及其化学成分

作为造紙原料主体的植物纖維，是多种多样植物組織細胞中的一类，它的主要化学組成是纖維素。一般植物纖維（棉麻例外）除含有纖維素外都含有半纖維素及木素等，是謂之木化植物。其木素含量各不相同。除棉纖維外，任何一种植物原料中，其纖維彼此都粘結得很紧，且常与其他細胞粘結在一起，形成所謂“植物組織”。在各种植物組織中，植物纖維所占的分量及其分布状况也各不相同。此种不同情况对紙漿的制造及产量有重要的关系，因紙漿的制造，就在于用机械的方法将彼此粘結的纖維分离成游离纖維，制成所謂机械紙漿；或用化学方法将纖維間的粘結物質溶出，同时并将植物纖維內所含的木素等伴生物也大部除去，制成較为純粹的纖維素纖維，是称之为化学紙漿。进而采取各种加工方法，使纖維互相交織經压榨并干燥后成为薄层，即称之为紙張。

就化学組成而言，良好的造紙原料具有較多的纖維素，較少的木素及极少的树脂与脂肪。但各种植物原料均有其特点，除棉花而外，多不能全部滿足这些要求。

此外，植物纖維原料的取舍也应本着“就地取材，因地制宜”的原則考虑到原料供应的保証，收購与运输的难易，貯存的損耗，以及制漿造紙的技术經濟价值等因素而决定之。因之本章在重点講述植物纖維原料化学成分之前，有必要先概括介紹植物纖維原料与造紙工业的关系及我国造紙工业的原料方針問題。

第一节 植物纖維原料与造纸工业

一、植物纖維原料与造纸工业的关系

(一) 造纸用植物纖維原料分类及其利用情况概述

制造紙浆工业所用植物纖維原料大体上可分为下列数种：

1. 禾本科茎秆纖維原料类，包括多年生的竹、蘆葦及一年生的稻草、麦秆、甘蔗渣、高粱秆、玉米秆、棉秆、麻秆等。

2. 韌皮纖維原料类，包括其中含有通常称之为韌皮纖維的各种麻类，如亚麻、黄麻、苧麻、大麻、蓖麻皮、棉秆皮等，以及其中含有通常亦称之为树皮纖維的木本韌皮纖維原料，如桑皮、楮皮、构皮、檀皮、雁皮等。

3. 叶部纖維原料类，例如龙須草、香蕉叶、松針等。

4. 种毛纖維原料，如棉花、棉短絨。

5. 木材纖維原料类，包括：

(1) 針叶木 例如云杉、冷杉、鉄杉、紅松、落叶松、馬尾松、臭松、柏木等。

(2) 闊叶木 例如白楊、樺木、栗木、枫木、槭木、樺木、榕木。

(二) 造纸用植物纖維原料的选择

我国蔡伦于公元 105 年（东汉和帝时代）总结了劳动人民的創造而成为造纸的发明人。当时他就說过：“一切植物都可用来造纸”。从那时起就采用了破布，树皮，廢麻，廢漁网等做为原料。其后造纸原料又扩大到利用稻草，麦草，竹材等。随着造纸技术的外传以及制浆造纸技术的发展，18 世紀中叶世界各国即已开始采用木材为制浆造纸工业的主要原料，这就促进了森林蕴藏量較多的国家（例如苏联，美国，加拿大，芬兰，瑞典等）在制浆造纸工业方面的发展。近年以来，又由于紙张需要量的日益增