

化学纤维

上册

方柏容編著

科技卫生出版社

內 容 提 要

本书分上下两册，上册專門討論人造纖維的制造工艺过程，內容除化学纖維的制造的一般原理以及这一工业在国民經济中的地位外，包括粘胶纖維的各种品种的制造，但醃酯纖維、銅鉍纖維以及蛋白纖維也有敘述。下册詳細地介紹合成纖維的制造方法，以尼隆和卡普隆为重点，也包括目前世界最新的等規聚合体合成纖維在內。两书都只希望将化学纖維知識普及，使讀者能对这一門科技學問具有清楚的一般概念，为进一步閱讀專书作好准备。

化 学 纤 維

上 册

編 著 者 方 柏 容

科技卫生出版社出版

(上海南京西路 2004 号)

上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

上海市印刷五厂印刷 新华书店上海发行所总經售

开本 787×1092 毫米 1/32 印張 2 1/4 字数 50,000

1959年1月第1版 1959年1月第1次印刷

印数 1—12,000

統一書号: 15119·1090

定价: (1-2) 0.28 元

自序

我国由于是资源丰富与人力充沛的社会主义国家，在党和政府的正确与英明的领导下，全国人民具有冲天的干劲和高度的劳动热情，使工农业生产战线上有一天等于二十年的快速进步。化学纤维是解决人民穿衣以及工业用纤维材料的工业，目前也正以飞跃的速度向前发展着。因为这是一个新的与纺织有密切关系的化学工业，在大力培养技术干部的形势之下，需要学习这一门科技知识的人愈来愈多。在旧社会制度之下的一切科学技术文化，只是为少数人服务的，科技书籍常常是充满了符号、公式和曲线，有时写作的人还故弄玄虚，使一般水平的广大劳动群众在学习上发生了极大的困难。为了配合国家的化学纤维工业的发展，科学技术文化也必须“下乡”，切实地为群众服务，但首先要使科技知识能做到普及。本书的编写就是为了这一目的，希望把这似乎象是玄妙的化学纤维制造知识的大门打开，用比较通俗的文字详细地叙述，务使具有一般文化水平的读者也能接受并消化。要满足这样的需要是一个艰难的写作任务，也是一个需要摸索的工作。我在接受编写这一任务的过程中，曾不时地注意到下列几点：

1. 内容必须能反映出这一工业在世界上的最新成就，因此把最新的材料尽可能全面地收集在内。

2. 指出这一工业在今后的发展方向，使读者能在读完本书后有比较清楚的概念。

3. 理論密切連系实际, 凡对于初学者不急需知道的比較枯涩部分的理論全都从略以便于学习。

4. 文字力求通俗平易, 但有严密的科学系統, 减少公式、符号而多代以說明图及文字的解釋, 务使領会容易, 不感到过分的困难。

由于这书是用公余的零星片段時間累积写成的, 准备不够充分, 缺点一定很多, 尚望讀者能多多提出批評, 以便在今后改进, 不胜感激。

方柏容 一九五八年十月四日

目 录

自 序	
第一章 一般概念	1
第二章 化学纖維工业在国民經济中的地位	7
第三章 化学纖維制造的簡單原理	14
第四章 粘胶絲(或粘胶長纖維)	18
第五章 連續法制造粘胶纖維	46
第六章 粘胶強力纖維	50
第七章 短纖維是如何制造的	53
第八章 其他类型的粘胶纖維	57
第九章 醋酯纖維	59
第十章 銅鈹纖維	67
第十一章 蛋白質人造纖維	68
参考文献	69

第一章 一般概念

第一节 什么是化学纖維？

凡是可以制成衣服的材料都称做紡織纖維，例如棉花、麻、羊毛和各种蚕絲等。棉花和麻等都經過人工培养，是生长在田野里的纖維；羊毛是从羊身上剪下来的毛；蚕絲是由人工飼养但由蚕儿吐出的絲。前面的棉和麻是天然的植物纖維，后面的羊毛和蚕絲是天然的动物纖維。总之都是天然纖維。几千年来，天然纖維成为人們衣服材料的唯一来源。然而劳动人民是富于幻想并且是善于創造的，能够运用智慧，創造出許多为生活上所需要的东西。凡經過主要的化学变化过程，从一些初看象是无用的廢料做成十分美好的紡織纖維，它們的外觀、性質以及实用价值可以和天然的棉或絲竞争甚至超过它們，这种用人工制造的紡織纖維总称做化学纖維。

第二节 人怎样能創造纖維呢？

說来也很容易。我們大家都知道蜘蛛能吐絲結网。蜘蛛的腹部很大，由腹端到嘴部的形状，很象把頸部紧扎在一起的五个囊袋，但在每一囊袋的頸部仍有无数个平行的細管存在，就象中国的古乐器笙一样，有一端直接和囊袋的内部相通。蜘蛛的腹内貯滿了黃色的絲胶，当它爬上屋檐去吐絲的时候，就象背了一架极微小的“紡絲机”在身上一樣，如用力將腹內的胶液压穿

“葫芦谷口”的无数平行細管而射入空气里，經過自然干燥就成为絲綫。这是何等简单而方便的紡絲机器！

倘使人們也摹仿蜘蛛那样做成适当的胶液，把这胶液射过許多平行的細管，把絲胶在射出的一端收集在一起而后进行干燥，也应该可以制成人工的絲来。其实这就是化学纖維发明的最原始的概念，只是机器不象蜘蛛的絲囊那样简单罢了。

現在的劳动人民愈来愈聪明，已能从一些天然物質里提炼出具有纖維性的物質来制成可供紡織应用的化学纖維，这种化学纖維的品种愈来愈多，用途也愈来愈广，成为一个远景十分良好而和紡織业有密切关系的近代化学工业。

第三节 化学纖維有哪些种类？

化学纖維的品种相当多，为了便于記憶起見，可以把它們划分成类。如依照它們在生产上的原料来源划分时，化学纖維可以分为下面的几类。

第一类 从含有纖維素的植物原料开始的 棉花能紡成紗織布，因为棉花是纖維素；麻也能作为紡織物的原料，因为麻内也含有纖維素。这里所說的纖維素是一个化学上的物質名詞，它是十分細小的物質，是肉眼不能直接看到的（如果把这样的微小单位叫做“分子”的話，則我們用肉眼能看到的棉纖維或麻纖維是由无数个纖維素分子构成一根很长的象鏈条一样的东西，再由許多这样长短不完全一样的鏈条构成束，再由許多束聚在一起构成原纖維，最后再由許多原纖維合成肉眼能看到的纖維。由此看来纖維素的构造如从化学上来講是很复杂的。我們可以暂时不去研究它。由于这样的物質都是由极大数目的分子聚合起来的单位，所以称做高分子量化合物，或簡称高聚合物）。

在自然界里含有纖維素的植物很多。例如除掉棉和麻以外，大量树木組成树干部分的主要物質就是纖維素，不过树木里的纖維素常有很多的伴生的物質胶結在一起，必須用化学方法，把內中的叫做甲种纖維素的部分分离出来，供作制絲之用（甲种纖維素也稱做“阿儿发纖維素”，是纖維素中最有用的部分）。含有甲种纖維素的植物还有甘蔗渣、棉秆、麦秆、芦苇、竹、野生麻、野生棉等，它們都可以作为化学纖維的原料。从这些含有纖維素的天然纖維原料开始做成的化学纖維，我們把它們稱做纖維素人造纖維。纖維素人造纖維中最重要的一种就是粘胶（法）纖維。

第二类 从纖維素衍生而来的 第一类里的化学纖維的原料是纖維素，做成化学纖維后的成分仍旧是纖維素，只是外面的形状有了一些改变而已。另外有一类很重要的纖維是將纖維素用化学方法把它轉化为衍生物做原料，意思是說这样的纖維的“祖宗”仍旧是纖維素，但已經有了变化不再是原来的純粹纖維素了。在市上看到的或常听人講起的“醋酸纖維”就是这一类人造纖維，正式的名詞應該稱做“乙酸纖維素酯”，簡称“乙酯纖維”或“醋酯纖維”（酯，讀作支）。它是从纖維素作原料开始，用醋酸酐把它轉化为醋酯纖維，但它的成分已不再是纖維素了。

第三类 从含有蛋白質的材料开始的 蚕絲是以蛋白質为主要成分的动物纖維，并不象棉那样是由纖維素構成的，所以天然絲是蛋白纖維。植物的种子如花生、大豆等……里面包含相当多的蛋白，也可以被提炼出来作为化学纖維的原料。但这些种子中的蛋白是植物性蛋白，它的組成和蚕絲有些分別。又从牛奶里也可以提炼出叫做乳酪的蛋白，是动物性蛋白，也可以作为化学纖維的原料。用蛋白做成的化学纖維的性質接近于羊毛，因此也稱做人造羊毛。

从以上所說的三类情形，不难使我們認識到这些化学纖維的原料仍旧是天然物質，只是由人們加工以后制成的纖維，但和天然的紡織纖維有分別，所以把它們称做人造纖維，或者更全面些称做天然物質的人造纖維。

第四类 真正的“人造的”纖維——合成纖維 有不少新型的化学纖維的原始原料既不是天然的纖維素，也不是蛋白，而是从某些最简单的化学物質开始，用化学方法把它們一步一步地合攏来，最后成为結構复杂而可作为紡織材料的纖維，这样全部真正由人工制造的纖維，称做合成纖維。例如我們常常听到或看到的“尼隆”，就是从一些最简单的物質如氮气、氫气、氧气以及碳素等开始做成的，因此就有人說“尼隆是煤、水和空气做成的”；但这句话的真正意思是說这样的纖維可以从煤、空气和水里提炼出最简单的化学物質制造。

如此說来，如果把我們身上穿的材料称做紡織纖維的話，則紡織纖維可以分做两大类：一类是天然纖維，象棉、絲及羊毛等；另一类是化学纖維。在化学纖維里又可以分为人造纖維和合成纖維两类：人造纖維是从天然材料經過化学加工而成的纖維，如各种人造絲；合成纖維是从极简单的化学物質开始，經過多次复杂的化学变化过程，最后聚合而成的纖維；例如尼隆以及各种“玻璃絲”等都是。

化学纖維的原料并不只限于上面的四类，但是这四类的纖維在生产上的規模比較大。还有用其它原料做化学纖維的，但生产的意义不大。

第四节 化学纖維和天然纖維之間有什么区别？

它們之間的區別主要表現在形态和性質兩方面。現在分別

地來談一談。

在形態方面，天然的棉和蠶絲等的形狀都是天然生成的，沒有什麼變化。棉花紡成棉紗，無論是粗紗或細紗，一般的棉纖維的形狀總是差不多的，沒有本質上的不同。蠶絲雖然有家蠶絲或野蠶絲的分別，在野蠶絲里也有柞蠶絲、蓖麻蠶絲……，但絲的形狀都是天然生成而固定了的变化很少。因此將天然纖維如蠶絲、羊毛和棉等作為紡織纖維，只是利用它們的天然形態和結構，在一切場合中保持着而不喪失。但是化學纖維則不同，因為它是利用機器的模子做出來的，如果模子的形狀不同，纖維的形狀也可以不同。例如成熟的棉纖維的橫截面外形是扁圓而中間有腔道；羊毛是渾圓的；但化學纖維則可以有各種形狀，邊緣鋸齒形、渾圓形、扁形、凹凸不規則形等……，總之改變模子的形狀，就可以相應地改變纖維的橫截面形狀，變化的範圍是很大的。

在粗細方面來說，紡織上應用的棉紗有不同的支數如 32 支、48 支等，但這樣的紗是由許多根單纖維互相連續擁抱在一起的，單根纖維的粗細固定不變。蠶絲和羊毛也有天然固定的粗細，無論在培養的方法上有什麼不同，但粗細的情形基本上是一定的。化學纖維的粗細變化就很大了，單根纖維的粗細可以比最細的天然絲還要細，由數微米（千分之一毫米為一微米）的粗直到任意大，只須改變紡絲成型的模子的尺寸就可以。

在纖維的長度方面也有很大的不同，單根的棉纖維最大的長度也不會超過 50 毫米；羊毛的最大長度約為 200 毫米；蠶絲比較一切天然纖維都長，然而最長的絲也不會超過 1000 米。化學纖維就不是這樣，它可以是無限長的，連續不斷的長絲（所謂短纖維也是從長絲切斷的），通常可以由幾千米長到幾萬米。

至於在性質方面，一切的自然纖維的物理的和化學的性質

都是天然固定了的。例如棉纖維耐洗耐穿，蠶絲耐穿但不耐碱洗，羊毛耐磨但容易受虫蛀等等。但化学纖維的性質是不固定的，能隨着制造方法的不同在很大的限度內由人工加以改变。例如同样原料的化学纖維可以做成有光或者无光；有的可以使它有特別高的彈性；有一些纖維比較容易燃燒，但也有一些纖維完全不会燃燒；有些纖維不仅很堅牢并且可以长年暴露在自然環境里而不变質，此外更有些纖維是完全耐酸、耐碱而不受化学葯剂的影响的。虽然現在还不能制造出一种具有一切优美性質的理想纖維，但能在很大的範圍內生成具有为人們所搜求的性質，这种可能性是天然纖維所沒有的。

第五节 化学纖維的用途是否和天然纖維一样？

化学纖維的主要用途是供作紡織原料，正和天然纖維一样，但是用途的範圍广大得多。在衣料方面，化学纖維可以做成各种由薄到厚的男女內用或外用衣服材料，可以做长短袜子；也可以做成被单、枕套、圍巾、領帶、手帕、手套、运动衫褲、游泳衣等；在傢俱陈飾方面可以做成窗帘布、椅墊、桌布、各种毯子；在日用品方面可以做成雨衣、雨伞、牙刷、香烟盒、手提皮包以及各种儿童用的玩具等。

在工业用品方面可以大量地用作制造汽車輪胎里的布料（俗称帘子布）；也可以大量地作照相胶片、电影胶片或X光的胶片；有一些纖維可以做成包装糖果用的透明紙。

在國防工业上化学纖維可以用作降落伞織物和繩索或者露宿用的营帳；在海洋里可以利用化学纖維做成船纜或漁网。如果将来星际旅行暢通了，必然会用到化学纖維做成的特种能适应宇宙环境的衣服材料。

第二章 化学纖維工业在国民 經濟中的地位

第一节 我們的国家需要发展化学纖維工业嗎？

很需要。为什么很需要？因为我国的人口有六亿多，每年还要增加平均一千万，这大量的人口每年所需要的衣服材料为数是很惊人的。我国每年所产的棉布，根据人口平均計算只有二、三丈，这数字当然是很少的，随着我国社会主义建設的不断进步，人民的生活水平必然会逐年提高，总的消耗量也是要逐年增加的。如果每人每年增加棉布消費量一尺，則每年以六亿人口計算就是六亿尺布，相当于一亿三千多斤的棉花；如果要生产这样多的棉花，就必须占用七百万亩的粮田（根据1957年的亩产量計算），或者减少粮食的生产十三亿斤。倘使我們每人每年省用一尺棉布而用化学纖維材料来替代，則在衣着材料消費量不减少的情况下，就等于替国家节省了七百万亩的耕地，就可以用来增产粮食十三亿斤一样。人民的穿衣問題要得到滿足，吃飯問題也要得到滿足的。我們不能只顧到穿而不顧到吃，尽量把粮田改种棉花；但也不能只顧到吃而不顧到穿，尽量减少棉田。我們的粮田面积是有限的，即使每年不断地垦荒和增产，但荒地也总有被开完的一天，增产的速度也有一定的限制，可是人口却在不断地增加，人民的生活水平也在不断地提高，这两方面的矛盾就不容易平衡。所以为了同时能解决穿衣和吃飯的需要，发展化学纖維工业是正确的并且是很迫切的道路。又根据我国粮食丰收和增产的情况来看，可以适当地增加棉田而减少

粮田，但我国棉花产量也是飞跃地上增的。目前的情况是紡織机器跟不上原料，而不是原料太多，根据人民的衣服需要，化学纖維工业仍有大大向前发展的必要。我們的国家在第二个五年計劃內化学纖維的发展規模是二十万到三十万吨，这一数字已和英国的产量一样。現在全世界的化学纖維年产量根据 1957 年的統計已經是 280 万吨，內中有百分之八十六是人造纖維，其余則为合成纖維；又人造纖維中的絕大部分是粘胶纖維，余下則为醋酸纖維、銅鈹纖維和蛋白纖維等。我国在化学纖維工业这方面还正在萌芽的时期。

第二节 发展化学纖維和天然纖維比較有哪些优点？

先讓我們在优点方面来討論一下。第一个优点就是化学纖維的来源广。紡織品的天然来源主要是棉花、麻、羊毛、蚕丝等，但是这些原料的来源究竟是有限的，不能无限制地增产的。可是化学纖維的来源就很大，普遍增产的可能性比較大得多。以纖維素这一类型的纖維来講，凡是能够提炼出大量纖維素的植物都是化学纖維的原料。例如存在广大的树木里的纖維素，就可以用化学的方法把它从木材里分离出来，象造紙一样做成紙片，而后再制造成人造纖維。我国的森林資源是相当丰富的，有一些地方的森林还是原始的而从未开采过。上海的安乐人造絲厂以及辽宁的安东化学纖維厂，目前就是利用东北产的魚鱗松为纖維原料的。我国西南出产的馬尾松，經我国科学家的研究証明可以作为优良化学纖維的原料。

从甘蔗榨去糖汁后的渣滓，以往只是供烹飪用的燃料或制造粗紙，沒有得到更好的利用。但現在已証明可以作为人造纖維的原料。竹材可以造紙是人人知道的，但可以作为人造纖維

維原料还是比较新鮮的事。例如根据最近的情况报导，单以福建一省来講，每年砍伐掉供作燃料的木材就有 300 万立方米之多；每年可以出产甘蔗渣 200 万吨；砍伐的竹材 200 万吨。如果要提出纖維素，供作化学纖維的原料，則从木材方面可以得到 40~50 万吨，从甘蔗渣里得到 50~60 万吨，从竹子得到 60~80 万吨；把这些原料做成了紡織品，則六亿人口每人每年平均可以多消費 16~18 尺。

再說棉树可以产生三种紡織原料：棉花、棉子上的短絨以及棉树杆本身。以往只知道棉花可以作为紡織原料，但現在知道棉树上所有的部分都可以完全得到利用。从棉子上剥下的长絨，人人都知道可以直接紡紗；从棉子上剥下的第二次較短的长絨也可以紡粗紗；但这样的棉子上仍留有很短的短絨，可以連續用特种机器再作第三和第四次的剥取，这第三次和第四次剥下短絨的品質十分优良，含有大量的甲种纖維素，是高級人造纖維的原料（制造粘胶纖維以及醋酸纖維。据最近的研究报道，棉子上仍可作第五次的剥絨供作人造纖維原料），以前这样的短絨，留在棉子上进入榨油厂榨油，榨油后随着渣滓作廢料（因为棉短絨吸收大量的油，所以要影响棉子油的产量），或者用极低的代价供外銷出口。象这样的棉子短絨我国每年可以出产 20 余万吨（根据 1957 年的棉产量估計）。

最近华东紡織工学院已經完成将棉杆紡制粘胶纖維的試驗工作，正在进一步作提高质量的研究以及为設厂創造条件。棉杆在以往也是农村的燃料，沒有更大的經濟利用价值。根据估計从一棵棉树杆中分离出的甲种纖維素的量就等于棉花的量（根据棉花高产的情况估計可能不及棉花的产量）。由此可知如果棉杆內的甲种纖維素全部被利用的話，就等于将全国棉花增

产一倍而不需扩大一平方米的棉田，这不是一件有极大经济意义的事吗？

在纖維素材料来源方面，还有很多野生纖維如葛草、葛麻、野棉花、芦苇等可供利用，这里就不必一一列举了。

在蛋白纖維方面，已经工业化的品种是从牛乳、花生、玉蜀黍以及大豆中提出的蛋白制造的。这方面的来源也不少。但由于牛奶、花生等是很重要的副食料，我国目前在食用方面仍十分需要，因此发展化学纖維就受到一定限制；但在将来这些副食料大量增产以后，也是很有前途的。

至于合成纖維的原料，来源更是无穷尽了。一切合成纖維的原料，可以从空气、石油气、焦炉气、水以及煤焦油里提炼出最原始的原料如氮、氢、氧、乙烯、苯等加以合成；电解食盐时的气体氯也是重要的原料之一。虽然这样的提炼工作和设备情况并不很简单，但在工业发达的国家，这些困难都是容易并且早已被克服了的。我国目前正在大量发展气体工业和煤焦油工业，将来在合成纖維发展上所需要的各种原料的供应，是不会有什麼问题的。

从上面的叙述情形看来，可知发展化学纖維工业对我国国民经济的繁荣确实是很大的利益的。

发展化学纖維工业的第二个优点就是生产条件比较容易控制。譬如說，种植棉花要靠天气，当然也要講求人工和土壤的好坏以及施肥的多少等。往往因为自然条件不够理想，同样的人工化下去，而得不到预期的结果也是常事。虽然有些自然条件可以由人們加以改变，但目前还不能完全加以控制，因此棉的生产在一定的程度上要受到自然条件的限制。至于蚕丝的生产是全部的生物学和生理学的过程，条件的控制更为复杂，人力可以

参加的部分是有限的。

但是化学纖維的生产过程是可以完全由人来控制的，自然条件对它沒有影响或者影响得很少。不仅如此，一切操作几乎可以利用自动化操縱的原理用机器来替代人工；在数量上可以根据人們的需要进行大規模的生产；在质量上由于生产条件控制严密，可以保证經常恒定。

第三个优点是生产成本可以降低。天然纖維的成本由于受自然条件的限制不能任意加速生产及扩大生产而降低，并且所費的劳动力往往很大。根据苏联的比較統計，每一单位产量的粘胶纖維所化的劳动力和投資比起化在植棉上所需要的低，比起化費在天然絲上的則更低。由此可見发展化学纖維工业是很經濟的。此外不仅发展化学纖維工业的本身很有利，并且同时能促动其它的工业跟着发展起来。例如化学纖維工厂需要用到大量的化学藥品和机器設備，因此带动了化学制造工业以及机器制造业的发展。又如化学纖維的制造可以应用机械化和自动化的原理，因此就可以促进高度的技术革新以及新的科学仪器的发明等。由于附帶地促进其它工业的发展，就更有可能使化学纖維的成本繼續不断的下降。

发展化学纖維工业还有一个比較特出的优点就是品种和性质的多样化。我們在前面已經談到，化学纖維和天然纖維在形态上和在性質上的区别。在化学纖維的制造上很容易貫徹人的意志，使纖維具备預先規定的各种物理的和化学的性质，因此纖維的品种繁多，并且今后还可以陸續創造出許多新的品种，丰富人民的穿着需要。象这样的优越条件，天然纖維是不具备的，天然纖維的品种和性質基本上是固定的，很难加以改变。

第三节 发展化学纖維中的困难和最新成就

我国虽然需要大量发展化学纖維工业，但在目前还有一定的困难需要加以克服。例如发展纖維工业，需要掌握各种品种的全部制造工艺过程，要訓練大批的技术干部，要制造各种类型的机器以及解决許多原料、材料問題。我国在化学纖維工业上的基础原来是很薄弱的，在制造技术方面的經驗也很差，技术人材也很缺乏，因此推动这样的发展工作就比较吃力而緩慢。然而我国到底是地大、物博、人多的国家，人民有丰富的智慧，再加上我們是社会主义的国家，有无比优越的制度，在党的領導之下，在偉大的苏联友邦的无私援助之下，是沒有不可以克服的困难的。我国目前已經由毫无基础的情况下前进到了有两个規模中等的正式在生产着的人造纖維工厂，一是上海的安乐人造絲厂，另一个是辽宁的安东化学纖維厂。安乐厂是制造长纖維的工厂，它的最大的貢獻是做了第一个培养中国化学纖維工程技术干部的基地，累积了制造人造纖維的大量技术經驗，为以后的安东化学纖維厂修建成功并投入生产提供了有力的援助。安东厂原来是日寇侵占东北时留下的日产10吨的破旧工厂，中間一度被国民党破坏过，但在党的关怀和大力支持下，經我国自己的工程师和工人們的努力，短期内就修复，于去年(1957年)正式投入生产。最近由于全国各生产战綫大跃进，該厂能在不增加过多的設備下突破原有的生产規模，改进了操作技术，使生产量跃进到每日17吨，并且还在以30吨为目标繼續跃进中。正在建厂而不久即将完成安裝的工厂有北京的第一合成纖維厂以及保定的第一人纖厂，不久都可以投入生产。在天津方面有国人自己創造的日产200公斤的小型玻璃紙厂，由于生产成功而扩大的中型厂以