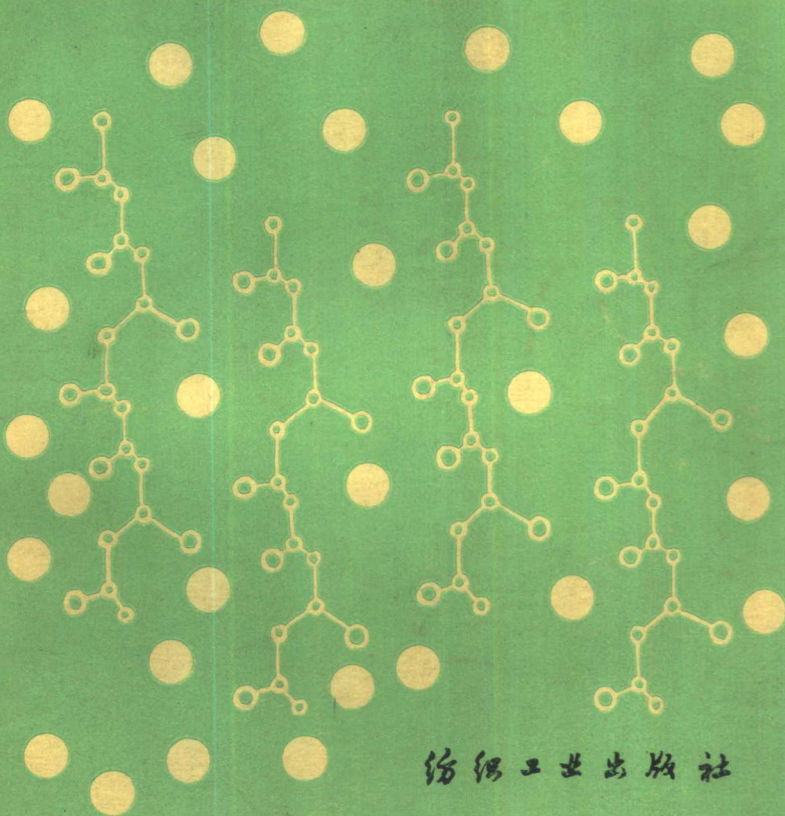


腈纶 生产基本知识



纺织工业出版社

腈纶生产基本知识

兰州化学纤维厂

钱 枚 徐炳坤 虞基平 编

纺织工业出版社

内 容 提 要

本书介绍了腈纶生产所用化工原料的基本性能，腈纶生产工艺过程以及公用工程、三废处理等方面的知识。为了便于读者理解，本书对腈纶生产的基本原理也作了简要叙述，并配有工艺流程图和基本的生产工艺参数。

本书除供从事腈纶生产的工人阅读外，也可供化学纤维工业战线领导干部、管理干部和技术人员参考。

腈纶生产基本知识

兰州化学纤维厂

钱 枚 徐炳坤 虞基平 编

纺织工业出版社出版

(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：3 14/32 字数：73 千字

1979年8月 第一版第一次印刷

印数 1-10,200 定价：0.26元

统一书号 15041·1031

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 什么叫腈纶.....	(1)
第二节 腈纶的物理性能.....	(2)
第三节 腈纶的用途.....	(10)
第四节 腈纶的发展.....	(11)
第五节 腈纶的生产工艺路线.....	(14)
第二章 腈纶生产的主要化工原料	(18)
第一节 丙烯腈.....	(18)
第二节 丙烯酸甲酯.....	(22)
第三节 第三单体.....	(24)
第四节 溶剂.....	(28)
第五节 其它原料.....	(31)
第三章 腈纶生产工艺	(39)
第一节 聚合.....	(40)
第二节 纺丝.....	(52)
第三节 溶剂回收.....	(71)
第四节 膨体纱的制备.....	(81)
第四章 腈纶生产的公用工程	(84)
第一节 供电.....	(84)
第二节 供汽.....	(85)
第三节 给水.....	(87)
第四节 压缩空气.....	(88)

第五节 空气调节·····	(88)
第五章 腈纶生产的安全技术和三废处理·····	(91)
第一节 腈纶生产的一般安全知识·····	(91)
第二节 防火及防爆·····	(92)
第三节 防毒及急救·····	(95)
第四节 三废处理·····	(98)
附录一 腈纶生产原材料单耗·····	(103)
附录二 腈纶成品质量暂行标准·····	(104)

第一章 概 述

第一节 什么叫腈纶

纺织工业使用的纤维，根据其来源可分为两大类：一类叫天然纤维，如棉、毛、麻、丝等；另一类叫化学纤维。化学纤维又分为两种：一种叫人造纤维，如粘胶纤维、醋酸纤维、铜氨纤维等；另一种叫合成纤维，如腈纶、涤纶、锦纶、维纶、丙纶、氯纶等。

腈纶是合成纤维中的一个品种。这种纤维是由丙烯腈与其它少量有机化合物共聚得到原液，再经过抽丝成型而得到的。它的性质与羊毛极为相似，所以也叫“人造羊毛”。

丙烯腈是一种无色液态有机化合物。它具有一种宝贵的化学性质，即在一定条件下，能够一个分子一个分子地连接起来，形成一个很大的分子，这就是高分子。我们把这个过程叫作聚合。将聚合得到的高分子化合物经抽丝成型，即得到腈纶。

这样得到的纤维，质脆，手感很差，染色性能也不好，没有实用价值。为了改善纤维的物理性能，还需在聚合时加入一定量的第二单体（例如丙烯酸甲酯、甲基丙烯酸甲酯等）和第三单体（例如衣康酸、丙烯磺酸钠、甲基丙烯磺酸钠等）。它们和丙烯腈一样，都能参加聚合反应。加入第二单体主要是为了改善纤维凝固成型过程及手感，使纤维柔软蓬松；加入第三单体，可以改善纤维的染色性能。

第二节 腈纶的物理性能

一、纤度

纤度是用来表示纤维的粗细程度的。与其它合成纤维一样，腈纶的粗细程度是用旦数(D)或支数(N_m)来表示的。

旦数(D) 9000 米长的纤维重 1 克即为 1 旦。

$$D = \frac{W}{L} = \frac{W}{L} \times 9000$$

式中 D ——纤度(旦数)

W ——重量(克)

L ——长度(米)

支数(N_m) 1 克重纤维的长度米数，称为公制支数。

$$N_m = \frac{L}{W}$$

式中 N_m ——公制支数

L ——长度(米)

W ——重量(克)

如果长度 L 用英制单位，那么英制支数 N_e 与 N_m 的关系为：

$$N_m = 1.69 N_e$$

旦数 D 与支数 N_m 的换算关系为：

$$D = \frac{9000}{N_m}$$

根据织物的不同用途，可以生产多种旦数的纤维，与棉纤维混纺的棉型腈纶一般为 $1.5 D$ 和 $2.5 D$ ；和羊毛混纺的毛型腈纶一般为 $3 \sim 6 D$ ；做人造毛皮的腈纶要求更粗一些，达到 $9 \sim 12 D$ 。

纤维越粗，织成的织物越挺直，手感粗硬，一般用于染深色。纤维越细，纤维之间的抱合力越大，纺纱强力越好，条干粗细越均匀，一般适于染成浅色。

二、长度

民用腈纶一般是切成短纤维或者拉断后做成膨体毛条，再加工成纺织品来供应市场的。

腈纶可以根据纺织生产的需要，切成各种规格的长度，如：棉型纤维切断长度为 35~38 毫米；毛型纤维切断长度为 63、76、89、113 毫米等。切断的短纤维长度要求有良好的整齐度，特别是棉型纤维，要严格控制超长、倍长纤维。做成膨体毛条的腈纶，平均拉断长度为 76 或 102 毫米。

三、强度

纤维在不断增加拉力的情况下，在断裂前所能承受的最大拉力，称为纤维的强力。因为纤维的强力与纤维的粗细有关，所以纤维的强度是用单位纤度的强力来表示的。单位为克/旦。

强度是表示纤维质量的重要指标。用于民用纺织品的纤维，只要求适当的强度。过高的强度，往往造成纤维的其它性能，如弹性等下降，降低使用效果。对于在工业上有特殊用途的纤维，可以根据需要提高强度，其它因素仅作为次要指标。

纤维强度的测定是在规定的标准状态下(温度 20℃，相对湿度 60%)进行的，这样测得的强度叫干态强度，简称干强。在标准状态下，将纤维湿润后测得的强度，叫湿态强度，简称湿强。两根纤维勾结或者一根纤维打结后，测得的强度叫勾强或结强。勾强越高，织物的耐用性能越好。毛型腈纶的强度一般为 2.2~3.5 克/旦。棉型腈纶的强度一般为

3.2~3.6 克/旦。它们的匀强一般为上述强度的 30~80%。

四、伸度

纤维受拉伸断裂时的伸长与原来长度的比值叫伸度。用百分数表示：

$$x\% = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100$$

式中 $x\%$ ——纤维的断裂伸度

L_0 ——纤维原来的长度

L ——纤维受拉伸断裂时的长度

纤维的伸度测定和纤维的强度测定是同时进行的。纤维伸度的高低与纤维纺丝成型过程有关。因此，可以用改变纺丝成型条件的办法来改变伸度。

伸度是表示纤维性能好坏的指标之一。伸度的高低要与纤维的回弹性联系起来考虑才有实际意义。回弹性是指纤维受外力被拉伸后，再撤去外力，纤维恢复到原来长度的性能。

一般说来，纤维伸度较大时，手感柔和，但回弹性就差，这种纤维织成的衣物易变形，使用价值降低。反之，纤维的伸度虽小，但回弹性好，织物挺直，变形较小。纤维在混纺时，要求各种纤维的伸度相近，这样织物表面趋于平整、厚薄均匀。

腈纶干态伸度一般为 25~46%，当伸长 2% 时，回弹率接近 99%；当伸长 3% 时，回弹率为 95% 左右。普通腈纶的伸度与羊毛相似，回弹率稍低于羊毛，但优于维尼纶、人造纤维、棉、麻等。

五、初始模量

纤维在拉伸过程中，在一定范围内的伸长是与所受的外

力成正比的。使纤维伸长 1% 时的负荷称为初始模量，以克/旦或公斤/毫米²表示。两种单位换算关系如下：

$$\text{克/旦} = \frac{\text{公斤/毫米}^2}{9 \gamma}$$

式中 γ ——纤维比重

纤维的初始模量越大，发生形变所需的外力越大，纤维的刚性越好，越不易变形。涤纶的初始模量大，而且回弹性好，所以涤纶织物挺括、抗皱、不易变形。锦纶回弹性好，但初始模量小，所以锦纶易变形。腈纶的初始模量比涤纶小，比锦纶大，一般腈纶的初始模量为 40~70 克/旦。

六、热性能

腈纶在受热的情况下，大分子运动加剧，分子之间的作用力减弱。如果温度继续升高，则会发生大分子链断裂，纤维失去使用价值。所以合成纤维在加工处理，穿着烫洗时，温度不要超过一定范围。

对聚丙烯腈纤维进行耐热试验分析说明，在 80~100℃ 时，大分子之间作用力开始减弱；到 140~150℃ 时，纤维明显变软；达到 327℃，分子结构则被破坏，即所谓“分解”，此时，腈纶完全失去使用价值。从外观色泽上来看，采用衣康酸为第三单体的腈纶到 130℃ 就明显地发黄。因此，腈纶的使用温度一般不要超过 80~100℃，最高不要超过 130℃。

七、卷曲度

在单位长度的纤维上的卷曲个数，叫卷曲度。

棉纤维有天然的卷曲。羊毛表面有类似鱼鳞片的结构。这些天然纤维有很强的抱合力，纤维之间不易滑脱。而合成纤维表面光滑，抱合力差。为了增加抱合力，使纤维蓬松、保暖，便于纺织加工，在纤维成型、拉伸、干燥等过程以

后，用机械挤压的方法使纤维卷曲。用这种方法加工的纤维在卷曲牢度、强度等方面都不十分理想，它往往在纺丝后处理及纺纱过程中又恢复原状。而用几种不同组分的高聚物原液纺出的“复合纤维”，却既具有良好的卷曲度，又能够弥补以上缺陷。腈纶一般用机械方法卷曲，卷曲度要求在 100 毫米长的纤维上有 32~40 个卷曲。

八、吸湿性

纤维的吸湿性是指在标准状态下（温度 20℃，相对湿度 60%）纤维的吸水率，可用回潮率和含湿两个指标来表示。

回潮率：

$$M\% = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100$$

含湿：

$$N\% = \frac{W - W_0}{W} \times 100$$

式中 $M\%$ ——回潮率

$N\%$ ——含湿

W ——标准温湿度下纤维重量

W_0 ——纤维在 105℃ 时烘干后的重量

合成纤维的吸湿性较差，这主要是因为纤维分子上缺少亲水基团，纤维分子结构比较密实，不易吸水造成的。对于要加工成纺织品的纤维，要求有一定的吸湿性，特别是用来纯纺的纤维，则要求能够吸汗、透气、穿着舒适。与天然纤维混纺的合成纤维，对其吸湿性的要求可稍低一些。

腈纶的回潮率一般为 2~3%，比羊毛、棉等天然纤维均低，在各类合成纤维中居于中等。

九、染色性能

合成纤维比天然、人造纤维难染色。这是因为合成纤维分子结构紧密，染料分子不易渗入到纤维内部；纤维分子中缺少能够与染料分子结合的基团。因此，合成纤维一般上染率较低，用普通染料难以染色。

腈纶引入第三单体，主要是为了改善纤维的染色性能。第三单体的原料很多，当前所用的几种第三单体的染色基团一般是羧基 $\left(-\text{C}\begin{smallmatrix} \text{O} \\ \swarrow \\ \text{OH} \end{smallmatrix}\right)$ 或磺酸基 $(-\text{SO}_3\text{H})$ 。其性质属于酸

性染色基团，这种染色基团适用于硷性染料染色。也有引入含有硷性染色基团的第三单体，这种单体适于用酸性染料染色。

衡量纤维染色性能的好坏，一般用下列两个指标。

1. 上色率(%) 上色率是指在一定的染色条件下，纤维吸收的染料占原染浴中染料的百分率。不同的染料，其上色率是不同的。染浴的浓度可以用分光光度计测得的光密度来表示。

$$\text{上色率}(\%) = \frac{\text{原染浴光密度} - \text{染浴残液光密度}}{\text{原染浴光密度}} \times 100$$

上色率给出染料在染浴及纤维上的分配，这在染色工艺中对估算染料的利用率有实用价值。第三单体为衣康酸的腈纶上色率为95%左右。第三单体改用丙烯磺酸钠或甲基丙烯磺酸钠时，其上色率可以接近99%。

2. 染色饱和值(%) 染色饱和值是指在染料对纤维过量的条件下，纤维吸收的阳离子染料孔雀绿，达到最大饱和量时的重量占染色前纤维重量的百分数。

$$\text{饱和值}(\%) = \frac{\text{染色后纤维重量} - \text{未染色纤维重量}}{\text{未染色纤维重量}} \times 100$$

当饱和度 ≥ 3 时，则表明纤维能够吸足染料，可以染深色；当饱和度 < 1.5 时，则表明纤维吸收染料不多，只能染浅色。

如果是其它种染料，则有下列换算关系：

$$f(\text{换算系数}) = \frac{\text{单位重量纤维对其它种染料饱和吸收量}}{\text{饱和度(单位重量纤维对孔雀绿染料饱和吸收量)}}$$

含有磺酸基第三单体的腈纶，其饱和度可以在3左右。

十、纤维电阻

在合成纤维上，几乎没有能够自由移动的电子，并且其吸湿性又差。因此，一般把它们看作是电阻很大的绝缘体。由于合成纤维的导电性能不好，再加上纤维之间的摩擦，在纤维表面就容易产生静电荷，这就容易造成纺织后加工的缠辊，而且织物也容易吸附灰尘。为了改善这种状况，除了适当地给纤维增湿以外，还可以在纤维表面浸渍抗静电剂。抗静电剂是一种亲水的表面活性剂，它除了能减少纤维之间的摩擦力外，在空气中还具有亲水吸湿作用，增加纤维的导电性，防止静电集中。

一般纤维的电阻值与其长度成正比，与截面积成反比。

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

式中 R ——纤维电阻(欧姆)

L ——纤维长度(厘米)

A ——纤维截面积(厘米²)

ρ ——纤维的比电阻(欧姆·厘米)

在 $\frac{L}{A}$ 值一定的条件下，测出纤维的电阻，即可得知纤维的比

电阻。比电阻值越小，纤维的抗静电效果越好。

腈纶的比电阻 ρ 可以在较大范围内波动，一般为 5×10^8 欧姆·厘米左右。

十一、其它性能

1. 耐光性 耐光性是指纤维在日光及大气作用下纤维物理性能的变化。腈纶的耐光性很好，日晒 1000 个小时，强度损失不超过 20%。而粘胶纤维日晒 300 个小时，强度就损失了 75%；棉纤维日晒 500 个小时，强度损失 74%。因此腈纶适宜做室外使用的织物。

2. 耐化学试剂性能 腈纶具有良好的化学稳定性，除了

硫氰酸钠(NaSCN)、二甲基甲酰胺 $\left(\text{H}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{N} \begin{array}{l} \text{CH}_3 \\ \text{CH}_3 \end{array} \right)$ 、

硝酸(HNO_3)等有限的几种溶剂能溶解腈纶外，一般的溶剂例如醇、醚、酯、二硫化碳、油类等都不能使腈纶溶解。腈纶对酸的稳定性也是比较好的，例如，腈纶在温度为 25°C ，浓度为 60% 的硫酸中处理 64 天无显著变化。但是腈纶对于硷的稳定性稍差一些。

3. 耐霉烂、耐蛀性 腈纶具有良好的耐霉烂、耐蛀性，能抵抗空气、水(包括海水)、土壤中的霉菌作用。在热带(温度 31°C ，相对湿度 97%)，将腈纶埋入土壤六个月，未发现外观损伤。同样条件下，棉帆布 10 天就完全腐烂。腈纶一般不会发生虫蛀现象，保存时不需要樟脑球。

4. 比重 单位体积物质的重量叫做比重。腈纶的比重为 1.17 克/厘米^3 ，是比较轻的一种合成纤维。同体积纤维或在同样的保暖条件下，腈纶比棉轻 30%，比羊毛轻 13%，比涤纶轻 18%。

第三节 腈纶的用途

腈纶有许多优良性能，在人民生活、工农业生产中有广泛的用途。

腈纶一般是和其它纤维混纺使用的，它与羊毛混纺，可织成高级毛料。做成的衣服，外形挺括、尺寸稳定、易洗免烫。腈纶、羊毛混纺织成的毛毯、地毯等，具有质轻、保暖、有弹性、不起毛等优点。

腈纶与涤纶混纺得到的毛织品，可以染深色、浅色和闪色。织物的色泽鲜艳、色调齐全、质地结实耐穿，抗皱保形性好，易洗快干、缩水率小，是适于做制服、女外衣、大衣、罩衣、童衣等的一种新颖衣料。

腈纶与粘胶纤维混纺得到的织物布面光洁、平整、吸湿性好，是一种价格较低的仿毛料。适于做春秋外衣、西装、制服、罩衫、学生装、童装、衬衣、运动服、窗帘等。

腈纶与棉混纺的织物，手感丰满、柔软、吸湿性强，适于做衬衣、绒衣、春秋衫、棉毛裤、童装、运动服、汗衫、床单等。

腈纶也可以纯纺，针织的腈纶织物毛型感强，结实耐穿，可以做外衣、绒衣、线衣、运动服、围巾、绒毯、手套等。腈纶加工的膨体毛条既可以纯纺，又可以与羊毛、粘胶纤维混纺，得到各种规格的中粗绒线和细绒线“开司米”。纯腈纶绒线手感丰满，色泽鲜艳，编织的毛衣、毛裤、春秋内衣、童装等，花色品种多，耐穿、耐磨。腈纶膨体毛条做成的被褥，质轻、保暖性好。

腈纶还可以加工成人造毛皮和腈纶驼绒。腈纶毛皮比兽

皮轻，可以染成各种鲜艳的颜色，很受人民群众欢迎。腈纶驼绒，绒毛感强、质轻，比一般驼绒保暖舒适，色泽有素色及各种色彩鲜艳的条子绒，是目前产量较少的天然驼绒的良好代用品。

腈纶具有耐光、质轻、保暖的特点，可以做窗帘、幕布、篷布、船帆、登山保暖服、绳索软梯等。在军事上可用来做炮衣、降落伞、伪装棚等。

腈纶还具有耐腐蚀、抗霉烂、不吸水、电绝缘等特点，故可以做船缆、雨衣、防水布、水龙带、耐酸耐油工作服、工业滤布、筛网、绝缘布、纱包线等。

腈纶在一定条件下经过氧化、碳化、石墨化等处理后，得到的碳素纤维具有高强度、高模量、比重轻、耐高温等特性。它在火箭、卫星、宇宙飞船、导弹发射以及飞机、船体、车辆制造等方面是一种新颖、较好的代用材料。这是腈纶近几年在使用方面的新领域。

第四节 腈纶的发展

虽然早在一百多年前，人们就知道丙烯腈经聚合可以得到聚丙烯腈，但是直到 1934 年才出现用丙烯腈的聚合物生产纤维。当时用的溶剂是无机盐类的浓溶液，所得纤维品质很差，不能使用。1942 年发现用二甲基甲酰胺做溶剂，生产聚丙烯腈纤维。1950 年聚丙烯腈纤维的工业生产正式开始。

最初，制得的腈纶手感、染色等性能都不好，严重地影响使用效果。经过研究改进，特别是在聚合过程中引入第二、第三单体，促使腈纶的性能显著地改善。

近十年来，人们对合成纤维的需求量不断增加，合成纤

维作为一门年轻的工业正在突飞猛进地向前发展（见表 1）。

表 1 近年来的世界化纤产量

（单位：万吨）

年 份	品 种	人 造 纤 维	合 成 纤 维					世界化纤 总产量
			锦 纶	涤 纶	腈 纶	其 它	合 计	
1970		345.4	187.3	162.2	101.0	33.9	484.5	829.9
1971		336.5	216.5	212.0	120.0	5.6	554.1	890.6
1972		344.6	242.9	250.8	126.8	7.3	627.8	972.4
1973		349.9	270.0	315.0	156.6	13.4	755.0	1104.9
1974		339.7	259.4	327.5	144.8	21.3	753.0	1092.7
1975		321.0	245.0	339.0	140.0	35.0	759.0	1080.0
1976		321.0	283.0	390.7	173.1	12.9	859.7	1180.7

从 1970 年到 1976 年的六年中，合成纤维由 484.5 万吨增加到 859.7 万吨，增长了 77.4%，包括人造纤维在内，达到了 1180.7 万吨，接近同期只增长 1% 左右的天然纤维产量。这也就是说，人类在解决穿衣问题上，有一半已经不依靠天然纤维了。并且预计，1980 年世界合成纤维的产量将接近棉花的产量，达到 1200 万吨。今后数年内，合成纤维将迅速发展（见表 2）。

做为三大合成纤维品种之一的腈纶，从 70 年到 76 年，产量由 101 万吨增长到 173.1 万吨，增长了 71.4%，增长率超过了锦纶，仅次于涤纶。腈纶的产量在合成纤维总产量中占 20% 左右，居第三位（见表 3）。

目前国外合成纤维生产的特点是原料路线转向以石油化工产品为主；生产技术向高速、大型、连续、自动化方向发展，以达到缩短工艺、降低成本、提高质量和劳动生产率的目的。腈纶生产也是这样。腈纶生产所需要的几种化工原