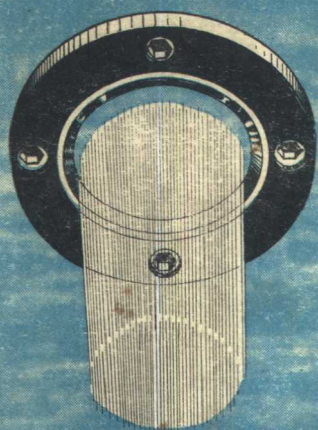




锦纶生产

(修 订 版)

北京合成纤维实验厂编

石油化学工业出版社

锦 纶 生 产

北京合成纤维实验厂 编

石油化学工业出版社

内 容 提 要

本书全面地讲述了锦纶各品种(长丝、短纤维、综丝、帘子线)生产的基本原理、工艺过程、机械设备及生产操作经验等,并介绍了生产中有关原料、成品的分析检验方法和生产用水、电、汽、空调及生产安全等方面的知识。

本书是在1968年版基础上修订的,根据近几年来合成纤维生产技术的发展,本书较第一版在内容上作了较大的修改和补充,可供从事锦纶生产的工人阅读,和有关技术人员参考。

锦 纶 生 产

北京合成纤维实验厂 编

石油化学工业出版社 出版

(北京安定门外和平里七区16号)

燃料化学工业出版社印刷二厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ 印张 $14 \frac{5}{8}$ 插页 1

字数 385 千字 印数 1-10,400

1976年4月第1版 1976年4月第1次印刷

书号 15063·化54 定价 1.40 元

毛 主 席 语 录

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。

我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

目 录

前 言

第一章 绪论	3
一、聚酰胺纤维发展的简况	3
二、聚酰胺纤维的分类和命名	5
三、聚酰胺纤维的原料来源	6
四、聚酰胺纤维的性能和用途	8
五、聚酰胺纤维的发展趋向	11
第二章 聚己内酰胺纤维生产的工艺过程与简单理论	13
第一节 聚己内酰胺纤维生产的工艺过程	13
一、概述	13
二、聚己内酰胺纤维生产工艺过程简述	15
第二节 聚己内酰胺纤维生产的简单理论	20
一、己内酰胺的聚合	20
二、影响聚合反应的几个因素	22
三、聚己内酰胺的纺丝	28
四、聚己内酰胺纤维的纺织加工过程及后处理	32
第三章 聚己内酰胺纤维的生产	38
第一节 聚己内酰胺长丝的生产	38
一、熔融	40
二、聚合	45
三、注带、切片、萃取及干燥	73
四、熔融纺丝	98
五、牵伸、后加拈	139
六、压洗、定型	154
七、络筒	153
第二节 聚己内酰胺短纤维的生产	164

一、聚合	165
二、纺丝	166
三、集束	174
四、牵伸	176
五、卷曲	181
六、切断	183
七、水洗和上油	187
八、开毛、干燥、打包	194
第三节 聚己内酰胺综丝的生产方法	202
一、直接纺丝法纺制综丝	202
二、挤压纺丝法纺制综丝	212
第四节 聚己内酰胺帘子布的生产	216
一、锦纶帘子布的性能	216
二、帘子布生产工艺流程	218
三、帘子线股线的加拈合股	220
四、帘子线织布	229
五、帘子布热拉伸定型处理	237
第五节 聚己内酰胺纤维生产中的加热	255
一、传热的一般概念	257
二、联苯混合物的传热	261
第四章 聚己内酰胺纤维生产用原材料及半制品、成品的质量标准和 试验检查方法	274
第一节 原料的质量标准和试验方法	274
一、从苯酚制造己内酰胺	274
二、己内酰胺的性质	275
三、己内酰胺的质量标准	276
四、己内酰胺的分析鉴定项目及方法	276
第二节 助剂的质量标准和试验方法	283
一、 ϵ -氨基己酸	283
二、己二酸	285
三、醋酸	286
第三节 油剂	288
一、油剂的性能和作用	288

二、常用油剂	290
三、聚己内酰胺纤维制造过程中所用油剂例示	290
四、分析试验方法	295
五、例举几种油剂指标	300
第四节 辅助材料	301
一、有机载热体——联苯混合物	301
二、二氧化钛	305
三、氮气	310
第五节 半制品、成品检验的意义及重要性	311
第六节 长丝、短纤维、综丝半制品的主要指标和控制范围	312
一、直接纺丝法	312
二、切片纺丝法	313
第七节 长丝、短纤维、综丝成品质量标准	314
一、长丝	314
二、短纤维	314
三、综丝	314
第八节 试验操作法	315
I、长丝	315
一、化学试验操作法	315
二、物理试验操作法	339
II、短纤维	354
一、化学试验操作法	354
二、物理试验操作法	355
III、综丝	364
一、化学试验操作法	364
二、物理试验操作法	364
第五章 聚己内酰胺纤维工厂生产工艺计算及有关技术经济指标	
计算	366
第一节 生产工艺计算	366
一、纤维纤度之计算	367
二、长丝部分	368
三、短纤维部分	381
第二节 技术经济指标的计算	384

一、设备利用率	384
二、设备运转率	385
三、生产效率	385
四、产量计算	388
五、生产设备的综合平衡	390
六、原料消耗的计算	393
第六章 空气调节和水、汽的供应	396
第一节 概述	396
一、空气调节的任务	396
二、空气的物理性能	396
第二节 空气调节与聚己内酰胺纤维生产的关系	399
一、一般关系	399
二、空气调节与聚己内酰胺纤维生产的关系	400
第三节 通风	402
一、通风的几种主要形式与分类	402
二、通风系统的流程与通风机房的布置形式	403
三、通风系统的设备与构件	404
第四节 各车间的气流组织与所要求的空气条件	407
一、熔融间	407
二、聚合间	407
三、熔体分配间	408
四、纺丝间	408
五、绕丝间、短纤维集束间	409
六、长丝牵伸加拈间、纺织工作间、分级室与平衡室	409
七、长丝压洗间	410
八、短纤维淋洗间及其准备间	410
九、短纤维洗涤窖	411
十、短纤维物理性能试验室	411
第五节 空气调节	411
一、空气调节系统	412
二、各控制点的调节	415
三、空气调节的设备	419
第六节 制冷	421

一、概述	421
二、氨(NH ₃)的性质	422
三、氨压缩制冷系统	423
第七节 蒸汽供应	426
一、水蒸汽供热系统	426
二、阀后压力调节器	426
三、疏水器	427
第八节 工艺用水	427
一、水的品质及其影响	427
二、水的硬度及其单位	428
三、水的软化及其原理	429
四、离子交换剂软化设备及其处理过程	432
五、软水剂	433
六、Na-阳离子软化系统流程	434
第七章 聚己内酰胺纤维工厂的安全技术与劳动保护	436
第一节 安全技术与劳动保护的特点	436
第二节 防火技术	437
第三节 安全操作规程	438
一、总则	439
二、化学部分	440
三、后加工部分	442
四、电动吊车	444
五、电气安全守则	445
第四节 车间内有毒物质	446
一、毒性	446
二、空气中有毒物质的消除方法	448
三、空气中己内酰胺和联苯混合物的测定方法	453

前 言

合成纤维在世界上是个新兴工业，虽然仅有三十余年历史，但是在品种、产量、质量、技术等各方面均有很大提高。尤其近几年来，由于理论研究的成就和新技术的改进促使这个新兴工业更迅速的发展。合成纤维与天然纤维相比，在很多方面具有优越性，因此在国防建设、工业建设以及满足和提高人民生活方面，已广泛使用并为广大人民所喜爱，成为不可缺少的部门。我国，石油和天然气的资源非常丰富，这对增加合成纤维的产量和品种、降低成本，以及减轻农业的负担提供了极有利的条件。

十多年来，特别是无产阶级文化大革命以来，我国合成纤维工业战线上的广大革命职工，在毛主席的无产阶级革命路线指引下，发扬了破除迷信、解放思想、自力更生、奋发图强的革命精神，充分利用国内丰富资源，走自己工业化道路，使我国合成纤维工业得到迅速发展。今后，随着我国石油化学工业的飞跃发展，合成纤维工业必将出现更大的跃进局面。

聚酰胺纤维是合成纤维中性能较全面、优点较突出的一个品种，目前约占世界合成纤维总产量之半。生产技术和经验也比较成熟。而聚己内酰胺纤维的生产在聚酰胺纤维中又占有很大比重。从石油原料资源广泛性上及技术研究成就发展来看，预计在今后较长时期内，聚己内酰胺纤维产量仍有较大提高，成本进一步降低，仍将是产量最多的重要品种之一。

我们遵照毛主席提出“要认真总结经验”的教导，运用“实践、认识、再实践、再认识”的光辉哲学思想，总结了生产实践中的一些经验，阐述了一些聚己内酰胺纤维生产的基本原理、工艺过程、机械设备和生产管理中的一些基本知识，可供新厂工人和开

始从事这方面工作的技术人员培训之用。

本书于一九六八年发行了第一版，鉴于近年来理论研究和生产实践的不断发展，原书已显得陈旧，这次进行了较多的修改和补充。关于电气控制和自动调节部分，因技术改动较多，且多未定型，这次未及编写，拟待再版时再行补叙。由于我们水平有限，实践经验不够，加之时间仓促，缺点错误在所难免，诚恳希望广大读者批评指正。

北京合成纤维实验厂

第一章 绪 论

锦纶是我国广大工农兵所喜爱的合成纤维品种之一，化学名称谓之聚酰胺纤维，锦纶是我国聚酰胺纤维的商品名称，国外商品名称有“尼龙”、“耐纶”、“卡普隆”等。锦纶的品种很多，最常见的有锦纶-6、锦纶-66，通常我们所说的“锦纶”就是指的锦纶-6。本书所介绍的内容也仅限于锦纶-6。锦纶-6是由单体己内酰胺聚合纺丝而成，因而锦纶-6又叫聚己内酰胺纤维。

一、聚酰胺纤维发展的简况

(一) 过去聚酰胺纤维的产量一向在世界合成纤维中居首位，发展速度很快，近几年来其发展速度虽然不及聚酯纤维和聚丙烯腈纤维发展快，但由于这种纤维具有性能好、原料资源广泛易得、生产技术较早地为人们所掌握并不断地得到革新等特点，因此它的产量仍在不断增长，并有许多新品种陆续涌现。

聚酰胺纤维是世界上最早投入工业化的合成纤维。在1935年，卡罗瑟斯(W. H. Carothers)研究成功了用己二酸和己二胺缩聚成“聚酰胺 66”聚合物，在此基础上作了进一步研究，于1936~1937年发现用熔融法纺丝制造“聚酰胺 66”纤维的技术。1939年底“聚酰胺 66”纤维即进入大规模工业化生产阶段。

不久，于1938年研究成功用单一的己内酰胺为原料，用 ϵ -氨基己酸作引发剂，加热聚合制成聚己内酰胺。1939年进行“聚酰胺 6”纤维的试验生产，1943年开始聚酰胺 6 纤维的工业化生产。

1944~1947年间又以氨基十一酸进行缩聚制成了“聚酰胺 11”聚合物，并于1950年完成了由“聚酰胺 11”聚合物制造“聚酰胺 11”纤维的研究工作，1954年实现了“聚酰胺 11 纤维的工业

化生产。

其后,“聚酰胺 610”纤维、“聚酰胺 4”纤维、“聚酰胺 1010”纤维,以及芳香族聚酰胺纤维——“Nomex”纤维和“MXD-6”纤维等,都相继工业化或投入试生产阶段。世界上聚酰胺纤维的基本情况如表 1-1:

表 1-1 已工业化和正在试验发展中的聚酰胺纤维

品 种 名 称	合 成 用 单 体	熔 点 °C	回 潮 率 %	比 重	发 展 状 况
1. 聚酰胺 6	己内酰胺	215	4.5	1.14	生产
2. 聚酰胺 66	己二胺和己二酸	256	4.5	1.14	生产
3. 聚酰胺 3	丙烯酰胺, β 、 β 二甲基丙内酰胺	340~296	7~4.5	1.33~1.11	研究
4. 聚酰胺 4	丁内酰胺	265	7.3		中间试验
5. 聚酰胺 7	7-氨基庚酸	225	2.4	1.10	中间试验
6. 聚酰胺 8	辛内酰胺	195	1.4	1.08	研究
7. 聚酰胺 9	9-氨基壬酸	260	1.2	1.06	中间试验
8. 聚酰胺 11	11-氨基十一酸	189	1.2	1.04	生产
9. 聚酰胺 12	十二内酰胺	180~190	0.95	1.01~1.04	中间试验
10. 聚酰胺 13	13-氨基十三酸	180	—		研究
11. 聚酰胺 1313	十三烷二酸和十三烷二氨基	175	—	1.0245	研究
12. 聚酰胺 410	丁二胺和癸二酸	239	—		研究
13. 聚酰胺 610	己二胺和癸二酸	214	2.6	1.08~1.09	生产
14. 聚酰胺 1010	癸二胺和癸二酸	190~202	—	1.035~1.056	生产
15. N-44	脂族-芳香族聚酰胺和脂族聚酰胺				生产
16. MXD-6	间苯二甲胺和己二酸	243	4.0	1.22	中间试验
17. Nomex	芳香族间苯二胺和间苯二甲酰氯	375	4.9	1.38	生产
18. 纤维 B	对苯二胺和对苯二甲酰氯	570		1.4	研究

(二) 聚酰胺纤维的产量 目前世界上已有 40 多个国家生产聚酰胺合成纤维, 1971 年聚酰胺纤维产量为 215.3 吨, 比 1970 年产量增长 13%。它的产量占合成纤维总产量的 36.8%, 占化学纤维总产量的 15.8%, 预计到 1980 年聚酰胺纤维产量为 410 万吨, 占合成纤维总产量的 34%。

表 1-2 世界聚酰胺纤维的产量增长表 单位: 万吨

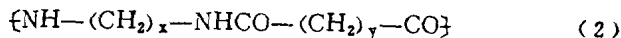
年 份	1940	1950	1955	1963	1967	1968	1969	1970	1971	1972
产 量	0.159	7.27	17.4	73.3	131.4	163	180	188.7	215.3	236.3

目前已工业化生产的聚酰胺纤维中, 聚酰胺 66 的产量最大, 约占聚酰胺总产量的 60%, 聚酰胺 6 产量次之, 约占 30~35%, 其它品种产量都不大。

我国地大物博, 煤炭、石油、天然气资源丰富, 随着石油化工日益发展, 将为合成纤维工业提供更多的原料来源。我国聚酰胺纤维势将得到更大的发展, 为社会主义建设作出积极的贡献。

二、聚酰胺纤维的分类和命名

聚酰胺纤维是指其分子主链由酰胺键 ($-\text{CONH}-$) 连接起来的一类合成纤维。其分子结构可用下列通式表示:



(1) 式表示的聚酰胺仅由一种单体缩聚而成。其单体可以是含有一个端氨基和一个端羧基的氨基酸, 例如氨基庚酸; 也可以是环状的内酰胺, 例如己内酰胺。所得聚合物为 A-B 型结构。

(2) 式表示的聚酰胺由两种单体缩聚而成, 其中一种单体含有两个端氨基, 另一种单体含有两个端羧基, 所得缩聚物为“AA BB”型结构。

聚酰胺纤维种类很多, 除各厂家自有其商业名称外, 普通的命

名是采用数字标号法。即以单元结构中所含有的碳原子数来命名,例如聚酰胺6就是单元结构中有6个碳原子 $\text{—NH(CH}_2\text{)}_5\text{—CO—}$ 的高聚物、聚酰胺11就是单元结构中含有11个碳原子 $\text{—NH(CH}_2\text{)}_{10}\text{—CO—}$ 的高聚物。所以在数字标号中就可以看出它的化学组成。由二元胺与二元酸制得的聚酰胺,数字标号分别用二元胺和二元酸中碳原子的个数组成。前一组数字是二元胺的碳原子个数,后一组数字是二元酸的碳原子个数。例如聚酰胺66就是由己二胺 $\text{[NH}_2\text{—(CH}_2\text{)}_6\text{—NH}_2\text{]}$ 和己二酸 $\text{[HOOC—(CH}_2\text{)}_4\text{—COOH]}$ 制得。聚酰胺610就是由己二胺和癸二酸 $\text{[HOOC—(CH}_2\text{)}_8\text{—COOH]}$ 制得的。

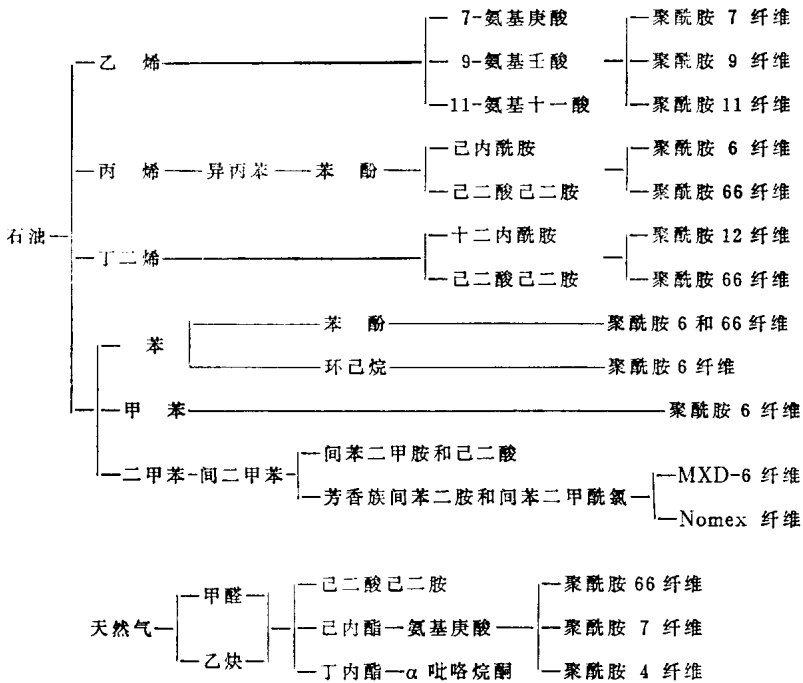
共聚物的命名也以相应的数字表示,后面括弧内的数字表明其组成的重量比例。例如聚酰胺66/6 (60:40)就是60%己二酰己二胺盐和40%己内酰胺的共聚物。

此外,聚酰胺纤维按其分子链的构型还可以分为脂肪族聚酰胺纤维、脂环族聚酰胺纤维、芳香族聚酰胺纤维以及脂肪族-芳香族聚酰胺纤维等类别。脂肪族聚酰胺纤维具有直链型分子结构,例如聚酰胺6、66、1010等;脂环族聚酰胺纤维分子链中含有环烷基基团的中间体组成;芳香族聚酰胺纤维具有苯环等芳香型链结构,例如聚间苯二酰间苯二胺纤维(Nomex);兼有脂肪型和芳香型两种链结构的就称为脂肪族-芳香族聚酰胺纤维,例如聚己二酰间苯二胺纤维(MXD-6)。

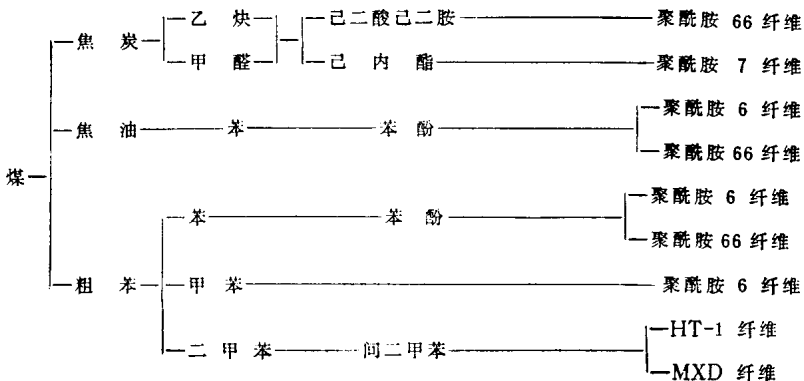
三、聚酰胺纤维的原料来源

聚酰胺纤维的原料,是由石油化学工业,煤化学工业和农副产品的综合利用三方面所提供的。就目前各国发展聚酰胺纤维的原料来源可看出,是以石油化学工业提供的有机合成产品为主。现将由石油、天然气、煤和农副产品为基础原料制造的主要聚酰胺纤维说明如下。

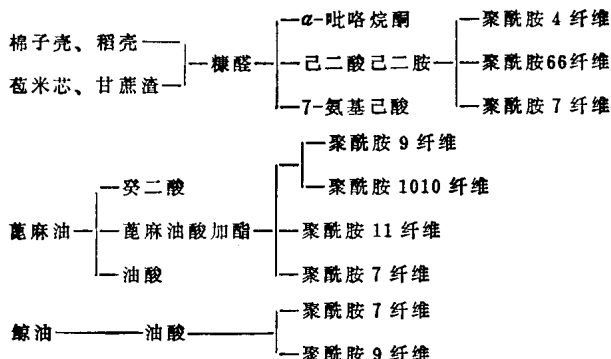
(一) 以石油、天然气为原料制造的聚酰胺纤维



(二) 以煤为原料制造的聚酰胺纤维



(三) 以农副产品为原料制造的聚酰胺纤维



我国石油资源丰富，煤化学工业有相当的基础，聚酰胺纤维在我国将会得到更大的发展。从技术经济的合理性、纤维的性能和应用特长来看，在各种聚酰胺纤维中，聚酰胺 6 和聚酰胺 66 纤维是目前的主要品种，聚酰胺 4 和聚酰胺 12 等是很有发展前途的新品种。

四、聚酰胺纤维的性能和用途

(一) 聚酰胺纤维的性能 聚酰胺纤维是一种性能优良的纤维材料，它除具备合成纤维共有的特点，如耐腐蚀、耐霉烂、湿强度高、不怕虫蛀、吸湿率低等性能外，它的主要特点还在于：

1. 断裂强度高 聚酰胺纤维是目前已工业化生产的合成纤维中强力最高的一种纤维。超高强力的聚酰胺纤维的断裂长度可达 90 千米，一般的聚酰胺纤维的断裂长度也达 40~50 千米。

2. 比重轻 聚酰胺纤维的比重为 1.04~1.14，和其它合成纤维相比，仅大于聚丙烯和聚乙烯纤维，比聚酯、聚丙烯腈、聚乙烯醇缩醛及含氯纤维轻，和天然纤维及人造纤维相比，聚酰胺纤维要轻得多。

3. 纤度细 在一般的民用纤维和工业用纤维中，聚酰胺纤维可以根据应用的要求，制造成各种纤度的丝线，应用专门的技术