

化学纤维 检验技术

(上 册)

国家标准局纤维检验局

化学纤维检验技术

上册

国家标准局纤维检验局编著

——一九八三年

内 容 提 要

本书以化学纤维理化性能检验项目为主要内容，广泛收集了国内外化学纤维短纤维、化纤条、长丝、变形丝及氨纶丝、金银丝的检验方法，共50多个理化检验项目，110多种检验方法，60多种化纤检验仪器。

书中还介绍了国内外化学纤维发展概况；化学纤维的生产方法、结构性能及用途；化学纤维鉴别以及有关检验用的数理统计方法。

本书是目前国内较系统、较全面的化学纤维检验专业技术书籍，对于从事化纤质量分析检验的技术人员和试验人员具有一定的指导意义，对于使用化纤的棉纺、毛纺、丝织、针织等行业的技术人员了解化纤质量，合理使用化纤原料也有一定的参考作用。

本书共分上、下两册，第一至第七章为上册，第八至第十一章为下册。

前 言

建国以来，我国化学纤维工业得到了很大的发展，1982年化学纤维总产量已达51.7万吨，在国民经济中占据着重要地位。

随着化学纤维生产和应用的迅速发展，以及化学纤维品种和数量的不断增加，对化学纤维质量检验工作也相应提出了更高的要求。认真做好化纤质量的分析检验工作，对提高化纤质量，合理使用化纤原料，都具有十分重要的意义。

为尽快培养化纤检验技术队伍，提高现有化纤检验队伍的技术业务水平，我局于1981年4月组织本系统专业技术人员编写了《化学纤维检验技术》初稿一书，并于1982年初油印成册。参加本书初稿编写的同志有上海、浙江、陕西、无锡、北京、辽宁、内蒙等省、市、自治区纤维检验局（所）及国家标准局纤维检验局的沈海萍、章友鹤、周征熊、徐晓达、莫树芳、齐传骐、赵华、晨林、吕善模、蒋秀奎同志。书中的部分章节曾请华东纺织工学院张佩良副教授、上海纺织工业专科学校李德深、庄蓓华讲师，上海纺织纤维检验所汪家乃工程师审阅。

本书初稿曾作为教材，在1982年全国纤检系统化纤检验技术学习班和部分省市举办的化纤检验学习班上使用，起到了一定的作用。

在广泛征求意见的基础上，以向国际标准靠拢、反映国内外先进测试方法和先进测试仪器为指导思想，我们对全书作了比较全面的修改审定工作。充实了统计分析内容，增加了数理统计在化纤检验中应用的内容；补充了氨纶丝等品种的检验方法；在长丝、变形丝的质量检测方面增加了检验项目和方法；介绍了新型的检测仪器；吸收了近年在化纤测试方法和测试仪器方面的科研

新成果。使全书内容更加广泛，更适合于化纤生产、使用、检验和科研等单位使用。

参加本书修改工作的有周征熊、章友鹤、沈海萍、王永太、吕善模、蒋秀奎同志，全书由吕善模、王永太同志审定。

在此向为本书编写提供资料的有关单位和个人表示感谢。

由于我们水平有限，书中难免存在缺点错误，热情希望同志们批评指正。

国家标准局纤维检验局

一九八三年八月

上册 目 录

第一章 化学纤维的分类和发展概况

- 一、化学纤维的分类..... (1)
- 二、化学纤维在国民经济中的地位..... (1)
- 三、世界化学纤维发展概况..... (4)
- 四、我国化学纤维发展概况..... (7)

第二章 化学纤维生产方法概述

- 第一节 纺丝液的制备..... (11)
- 第二节 纺丝成形..... (12)
 - 一、熔体纺丝法..... (12)
 - 二、溶液纺丝法..... (17)
 - (一) 湿法纺丝..... (17)
 - (二) 干法纺丝..... (20)
- 第三节 化学纤维的后加工..... (21)
 - 一、短纤维的后加工..... (22)
 - 二、长丝的后加工..... (26)
- 第四节 变形丝..... (28)
 - 一、膨体纱..... (28)
 - 二、弹力丝..... (31)
 - 三、网络丝..... (34)

第三章 化学纤维的结构与性能

- 第一节 粘胶纤维..... (40)
- 第二节 涤纶..... (45)
- 第三节 锦纶..... (51)
- 第四节 腈纶..... (57)
- 第五节 维纶..... (63)

第六节 丙纶.....	(67)
第七节 其他化纤简介.....	(71)
一、醋酯纤维.....	(71)
二、铜氨纤维.....	(73)
三、氯纶.....	(74)
四、乙纶.....	(75)
五、氨纶.....	(76)
六、芳纶.....	(77)
第四章 试验数据的统计分析	
第一节 基本概念.....	(81)
一、试验数据的特性.....	(81)
二、总体、个体与子样.....	(82)
三、大量数据的整理.....	(82)
四、子样分布趋向总体分布.....	(84)
五、频率分布的特征数.....	(87)
第二节 试验误差.....	(97)
一、误差.....	(97)
二、准确度与精密度.....	(98)
三、可疑数据的舍取.....	(100)
四、化纤检验项目的误差要求.....	(101)
五、数字修约规则.....	(103)
第三节 试验方法精密度的确定.....	(106)
一、定义.....	(106)
二、国内外概况.....	(107)
三、精密度试验的组织 and 设计.....	(108)
四、确定精密度的统计法.....	(109)
1. 异常值的检验和处理.....	(109)
2. 重复性 r 值和再现性 R 值的计算.....	(118)

3. 确定 r 和 R 的最终值	(125)
五、实用意义及应用方法	(129)
第四节 统计假设检验	(131)
一、 u 检验	(132)
二、 t 检验	(135)
三、 F 检验	(140)
四、 χ^2 检验	(142)
第五节 方差分析和多重比较法 (歇费法)	(143)
一、等重复单因素试验方差分析	(143)
二、多重比较法 (歇费法)	(152)
第五章 试验条件与取样方法	
第一节 试验条件	(154)
一、试验条件对试验结果的影响	(154)
二、试样预处理及试验用温湿度标准条件	(156)
三、温湿度的测量	(159)
第二节 取样方法	(163)
一、取样方法的概述	(164)
二、取样方法	(165)
(一) 批样的抽取	(165)
(二) 试验室样品的抽取	(165)
(三) 试样的抽取	(165)
三、取样的数量	(168)
(一) 批样数量的确定	(170)
(二) 试验次数的确定	(171)
第六章 公量检验	
第一节 回潮率检验	(175)
一、吸湿指标	(175)
二、检验方法	(177)

(一) 直接法	(178)
(二) 间接法	(184)
1. 插入式快速测湿仪 (湿敏电阻式)	(184)
2. SD—1 型电容式化纤回潮测定仪	(185)
第二节 油分检验	(187)
一、油剂的组成	(187)
二、检验方法	(189)
(一) 索氏萃取法	(189)
(二) 振荡萃取法	(192)
(三) 振荡洗涤法	(193)
(四) 折光法	(194)
(五) 阿贝折光仪简介	(196)
第三节 洗涤减量法	(199)
第四节 公量检验	(201)
一、取样包 (箱) 数量	(201)
二、过磅取样方法	(202)
三、公量计算	(204)
第七章 短纤维物理检验	
第一节 长度检验	(207)
一、长度指标	(208)
二、检验方法	(209)
(一) 切断称重法	(209)
(二) 单根纤维测量法	(213)
(三) 半机械测量法	(214)
1. 英国 WIRA 长度试验仪	(215)
2. 匈牙利纤维长度仪	(215)
(四) 光电仪器测定法	(215)
第二节 细度检验	(216)
一、细度指标及相互换算关系	(217)

二、检验方法	(221)
(一) 中段切取称重法	(221)
(二) 单纤维法	(225)
1. 称重法	(225)
2. 直径测量法	(226)
(三) 振动仪法 (日本DC—2A振动式细度仪)	(226)
(四) 气流仪法 (YG053型化纤细度气流仪)	(228)
(五) 其他细度测定仪器	(235)
第三节 拉伸性能检验	(236)
一、拉伸性能指标	(236)
二、断裂强度与伸长率的检验	(251)
三、强伸度测试仪器	(255)
(一) Y161型单纤维强力机	(256)
(二) YG001型电子强力仪	(261)
(三) YG003型单纤维电子强力仪	(265)
第四节 卷曲弹性检验	(273)
一、卷曲弹性的指标与计算	(273)
二、卷曲弹性的检验方法	(276)
(一) 放大镜法	(276)
(二) YG363型化纤卷曲数仪	(277)
(三) YG361型卷曲弹性仪法	(278)
第五节 压缩弹性检验	(280)
第六节 摩擦系数检验	(283)
一、影响摩擦系数测定的因素	(284)
二、摩擦系数的检验方法	(285)
(一) Y151型摩擦系数仪	(286)
(二) 仪器使用方法	(287)
第七节 静电特性检验	(291)

一、直接测量法(YG342型感应式静电测试仪)·····	(293)
二、间接测量法(YG321纤维比电阻仪)·····	(295)
第八节 熔点检验·····	(303)
一、显微镜法(日本JMP-S3微量熔点仪)·····	(303)
二、YG251型化纤熔点仪·····	(304)
第九节 热收缩率检验·····	(308)
一、长丝束热收缩率检验方法·····	(310)
二、短纤维热收缩率检验方法·····	(310)
(一) 放大镜法·····	(310)
(二) 纤维热收缩率测定仪法·····	(311)
(三) JIR—化纤热收缩仪法·····	(314)
第十节 密度检验·····	(315)
一、检验方法·····	(315)
(一) 密度梯度管的测定原理·····	(315)
(二) 密度梯度管的制备·····	(316)
(三) 密度梯度管的使用·····	(320)
(四) MD—1型密度测定仪简介·····	(320)
二、密度梯度管在化纤测定中的应用·····	(322)
第十一节 双折射检验·····	(324)
一、偏振光通过纤维时的双折射现象·····	(325)
二、测定纤维双折射的方法·····	(328)
(一) 浸没法(贝克法)·····	(328)
(二) 色那蒙补偿法·····	(331)
(三) 贝瑞克补偿法·····	(341)
第十二节 外观质量检验·····	(344)
一、外观疵点检验·····	(344)
(一) 疵点的名称解释·····	(345)
(二) 检验方法·····	(346)

1. 机拣法.....	(346)
2. 手拣法.....	(349)
3. 异状纤维检验.....	(350)
二、倍长纤维检验.....	(351)
三、色泽检验.....	(352)
(一) 颜色和光泽的基本概念.....	(352)
(二) 色泽的检验方法.....	(353)
1. ZBD型白度仪.....	(354)
2. 化纤白度仪.....	(356)
附表 1 格拉布斯 (Grubbs) 检验临界值表.....	(358)
附表 2 科克伦 (Cochran) 最大方差检验临界值表.....	(359)
附表 3 狄克逊 (Dixon) 离群值检验临界值表.....	(360)
附表 4 相关系数临界值表.....	(361)
附表 5 t 检验临界值表.....	(362)
附表 6 F 检验临界值表.....	(363)
附表 7 χ^2 分布表.....	(365)
附表 8 贝瑞克补偿器测光程差 $[Lgf(i) + 10]$ 换算表	(366)

第一章 化学纤维的分类和发展概况

一、化学纤维的分类

化学纤维是二十世纪初开始投入生产的一类纺织纤维，它来源广泛，品质优良，品种繁多，以合成纤维为例，在生产上受到重视的有30~40种之多。

纺织纤维的种类繁多，可分为天然纤维和化学纤维两大类。天然纤维是历史上几千年来供给人们生产纺织品的唯一原料，包括了植物纤维、动物纤维和矿物纤维，例如棉、麻、蚕丝、羊毛、石棉等。而化学纤维是由人们用天然的或合成的聚合物为原料，经过化学方法加工制成的纤维。

化学纤维种类繁多，分类方法也有很多种，现以来源分类将主要品种分类如下（见第二页）：

表注：①在国外，如日本等国家将醋酯纤维与再生蛋白质纤维（酪素纤维）单独划分成半合成纤维的一类，原因是这两种纤维不象粘胶纤维、铜氨纤维那样纯粹是由再生纤维素组成的。醋酯纤维的主要成分是纤维素与醋酸反应生成的纤维素醋酸酯，酪素纤维的主要成分是蛋白质和含有乙烯基的高分子化合物。

②人造纤维的提法在国外其严格意义应该是相对于天然纤维而言的、由人工制造的纤维。国内亦有同志提出该词意义应与国际一致起来，但尚有争论，本书仍按国内习惯意义解释。

二、化学纤维在国民经济中的地位

化学纤维的问世，结束了人类几千年来只将天然纤维作为唯一纺织纤维原料的历史，并为获得新的、品质更优异的纺织纤维

人造纤维	再生纤维素纤维	- 粘胶纤维 - 普通粘胶纤维 (粘纤) - 强力粘胶纤维 - 高湿模量粘胶纤维 - 铜氨纤维 (铜氨纤)	- 波里诺西克纤维 (富纤) - 高湿模量纤维
	醋酯纤维	- 三醋酯纤维 (三醋纤) - 二醋酯纤维 (二醋纤)	
合成纤维	再生蛋白质纤维 (酪素纤维)		
	聚酰胺纤维	- 聚己内酰胺纤维 (锦纶 6) - 聚己二酰己二胺纤维 (锦纶 66) - 聚癸二酰癸二胺纤维 (锦纶 1010) - 聚十一酰胺纤维 (锦纶 11) - 聚癸二酰己二胺纤维 (锦纶 610)	
	芳香聚酰胺纤维	- 聚间苯二甲酰间苯二胺纤维 (芳纶 1313) - 聚对苯二甲酰对苯二胺纤维 (芳纶 1414) - 聚间苯甲酰胺纤维 (芳纶 13) - 聚对苯甲酰胺纤维 (芳纶 14)	
	聚烯烃纤维	- 聚乙烯纤维 (乙纶) - 聚丙烯纤维 (丙纶)	
	聚丙烯腈类纤维	- 聚丙烯腈纤维 (腈纶) - 变性聚丙烯腈纤维	
	聚乙烯醇类纤维	- 聚乙烯醇缩甲醛化纤维 (维纶) - 聚乙烯醇纤维等	
	聚氯乙烯类纤维	- 聚氯乙烯纤维 (氯纶) - 聚偏氯乙烯纤维 (偏氯纶) - 氯化聚氯乙烯纤维 (过氯纶)	
	聚氟烯烃纤维	聚四氟乙烯纤维 (氟纶)	
	乙烯基类三元共聚纤维		
	聚酯纤维	- 聚对苯二甲酸乙二酯纤维 (涤纶) - 变性聚酯纤维	
	弹性纤维	- 二烯类弹性纤维 - 嵌段共聚氨基酸酯纤维 (氨纶)	
	碳纤维	- 普通碳纤维 - 高强碳纤维 - 高模量碳纤维	
	无机纤维	玻璃纤维	

开辟了一条广阔的途径。由于化学纤维原料丰富，品质多样，性能优异，用途广泛，因而发展十分迅速，使其在国民经济中发挥着越来越大的作用。化学纤维特别是合成纤维，发展非常迅速，世界合纤产量于1950年超过了蚕丝，1970年大大超过了蚕丝、羊毛、麻、人造纤维。发展化学纤维可减少粮棉争地的矛盾，节约大量农田，占用劳动力也较少，而且不受气候条件限制。

化学纤维尤其是合成纤维具有许多优异的性能，这是天然纤维所不能比拟的。天然纤维高分子物主链不能改变，因而性能有限，而由单体合成的高分子聚合物则可制得各种不同性能的纤维。因而在民用、工农业、交通运输、国防、医疗及尖端科学领域等方面具有广阔的用途。

在民用方面，由于化纤一般具有强度高、比重轻、耐磨、不发霉、不怕虫蛀、美观、轻暖 and 易洗快干等特点，因而受到广大群众的喜爱。

在工农业方面，化纤具有广泛的用途，可做复盖布、过滤布、绳索、传送带、工作服、电气绝缘材料、包装材料等。化纤织成的渔网，具有强力高、质量轻、透明度高、耐腐蚀性好等优点，大大提高了捕鱼效率，已经完全取代了棉纤维。

在交通运输方面，大量的化纤用作汽车和飞机轮胎的骨架——帘子线。化纤制的轮胎帘子线比棉帘子线可使轮胎行驶里程增加1~2倍，且可节约橡胶约20%。

在国防上，化纤制的军用装备轻巧、结实，可以减轻战士的行军负担，还可用作炮衣、降落伞、军用帐篷、装甲部队防护服等。

在医疗方面，化纤可做外科缝合线、人造血管、消毒纱布、人工肾、人工脏器补片等。

在尖端科学领域中，广泛使用着一些高强度、耐高低温、耐辐射的特种合成纤维材料，如作飞行服、宇宙飞船减速器等。

随着化学纤维工业的发展，异形截面纤维、中空纤维、复合纤维、超细纤维、膜裂纤维及各种特殊性能化学纤维不断出现，同时随着化纤应用研究的发展，化学纤维的使用范围必将日益广泛，化学纤维在国民经济中的地位将越来越重要。

三、世界化学纤维发展概况

（一）人造纤维

长期以来，为了满足人类穿着上日益增长的需要，人们一直在寻找更多的纤维材料来源，终于人们受到蚕儿吐丝的启发，想出了人工制造纤维的方法。

1884年在法国制得硝酸酯纤维，但因其易燃等原因，没有实用价值，然而这却在人类历史上第一次开辟了人工制造纤维的道路。

1891年在美国有人将纤维素黄酸酯溶于稀碱中制成很粘的液体纺丝，因其很粘，故称为粘胶，制成的纤维称为粘胶纤维。粘胶纤维于1905年实现工业化生产，投产后发展很快，1938年即达整个纺织纤维数量的11%左右，现年产量360万吨左右。

十九世纪末，把纤维素溶于铜氨溶液中，制成纺丝原液，经纺丝得到铜氨纤维。铜氨纤维的出现比粘胶纤维稍晚。铜氨纤维可做得很细，外观比粘胶更接近于蚕丝，性能比粘胶纤维好，但其消耗铜，价格比粘胶纤维贵。

本世纪二十年代，制成醋酸酯纤维，三十年代后，在人造纤维中其产量仅次于粘胶纤维，1979年接近73万吨。

本世纪三十年代，制成蛋白质酪素纤维，但其消耗可食用资源，另外强度也低（特别是湿态），因此产量微不足道。

（二）合成纤维

人造纤维（再生纤维）均是以纤维素或蛋白质等天然的高分子化合物为原料制成的，在原料来源上仍然受到限制，在产品性

能上还不能满足人们的要求，经过人们不懈的努力，终于以煤、石油、天然气为原料，采用人工合成高分子化合物的方法制得了合成纤维。

1935年制得锦纶66纤维，1938~1939年，开始在美国实现工业化生产，成为第一个实现工业化生产的合成纤维品种。

1938年在德国合成聚己内酰胺，制成锦纶6纤维（德国叫贝纶），1941年建厂。锦纶纤维是合纤重要品种之一，以前一直在合纤中居领先地位，1972年才被涤纶纤维超过，1981年年产315万吨，在合纤中居第二位。

1941年在英国合成了聚对苯二甲酸乙二（醇）酯（PET），制得聚酯纤维即涤纶。1944年进行试验生产，1953年在美国实现大规模工业化生产。聚酯纤维由于其独特的优异性能，因而发展异常迅速，1972年超过锦纶成为合纤中第一大品种，1981年年产540万吨，约占当年合纤总产量（1114.5万吨）的一半。

聚丙烯腈于上世纪已经合成，但找不到溶剂。1942年美国 and 德国差不多在同时找到了二甲基甲酰胺（DMF）作为溶剂，1948年进行试验性生产，1950年在美国正式工业化生产（美国称为奥纶）。1961年发明丙烯氨氧化法合成聚丙烯腈，使其价格大大降低，腈纶1981年年产量为211万吨，是合纤中第三大品种。

1954年发明了齐格勒-纳塔催化剂，实现丙烯定向聚合成为等规聚丙烯，为丙纶生产提供了原料，1957~1960年开始正式生产，主要生产国为美国、意大利，年产量超过100万吨，是合纤中第四大品种。

1934年制成聚乙烯醇纤维，但其耐热水性差，不能服用，经过10~12年才发明缩醛化，使其耐热水性提高，于1950年实现工业化生产。

原料来源丰富、产品性能理想的合成纤维的出现，把化学纤维工业推向一个崭新的发展阶段。合成纤维自工业化生产以来，一直