

纤维及其织物 制品检验

解 云
戚惟懿 编 著
康非非

群 众 出 版 社

纤维及其织物、制品检验

解 云
戚 惟 懿 编著
康 非 非

群 众 出 版 社

一九八六年·北京

纤维及其织物、制品检验

解 云 戚惟懿 康非非 编著

群众出版社出版 新华书店北京发行所发行

通县教育局印刷厂印刷

787×1092 毫米32 开本 5.5 印张113 千字插图1

1986 年 12 月第 1 版 1986 年 12 月第 1 次印刷

统一书号: 13067·110 定价: 1.50 元

印数: 0001——3000

前 言

随着现代科学技术的发展刑事技术物证检验的范围不断扩大。目前纤维及其织物、制品的检验,已成为物证检验的重要组成部分。

在刑事案件中检验纤维及其织物、制品的检材量常常很少,只有几根或一根极短的纤维,而这极少的检材又往往是侦破案件的重要线索或依据,因此需要尽量做无损检验,以便保存物证。所以微量、无损检验已成为物证检验中突出的特点。

纤维制品整体同一检验是一种综合检验。它不仅包含纤维、染料检验、组织结构、表面形态检验,而且包含痕迹形态检验。检验中,制品的原材料纤维检验,染色制品的染料检验是整体检验中的两个重要检验项目。从现场常见的遗留物来看,纤维及其染料又往往单独出现,要求进行检验,它们既是纤维织物及制品的检验基础,也是单独的检验对象。所以微量的纤维和染料检验,是各国警察科学技术部门开展的检验项目之一,研究工作正在不断深入。

从目前所掌握的有关资料看,国外警察部门对天然纤维棉、麻、丝、毛多运用显微镜进行形态观察、鉴别;对化学合成纤维多使用红外光谱仪进行鉴别,也有用化学方法进行检验的。有的则用多种仪器手段,如扫描电子显微镜、色谱仪、差热分析仪等进行对比检验和结构分析。做到不仅能区分纤维种类,而且能区分某些同种类纤维的不同品种。如用红外光谱法区分锦纶6和锦纶66,用差热分析法研究同种合成

纤维的区别(不同生产厂,不同生产时间)。纤维的小角度散射研究工作正在开展。在实践中做到一定程度的微量检验,但还没有做到完全无损检验。在染料方面,多用溶剂提取法区分类别,用薄层法对少量检材进行对比检验。并综合使用显微镜、扫描电子显微镜、X—射线分析法、溶剂溶解法、溶液分光光度法、热解气相色谱法和薄层分析等多种分析对比方法。检材量做到用薄层分析法能够分析1厘米长单根合成纤维上的分散、酸性和碱性染料;1厘米长的单根羊毛上的染料类别;1厘米长的单根棉纤维上的活性染料和直接染料。用溶剂提取法能够区分1—2厘米长单根醋酸纤维上的分散染料和偶氮染料。当前正处在建立检验方法,并在实践中逐步完善的阶段。

国内对纤维、染料及织物、制品检验,这几年虽然已引起重视,但还没有广泛开展。在办案中需要对纤维检验时,也多是依靠有关科研部门。由于这些部门不熟悉公安业务,而公安机关所能提供的检材量又很有限,所以往往达不到预期的目的。这就要求刑事技术部门必须依靠自己的力量来开展这方面的检验工作。公安部第二研究所物理室正在从事研究这一工作,初步形成了一套关于纤维、染料及织物、制品检验的程序和方法,接办了纤维及其制品的检验、鉴定工作,为刑事技术鉴定增加了新内容。

纤维及其制品检验与其它痕迹物证检验一样,都是要解决“是什么”、“与对比物的异同”以及“是否为同一个整体”等问题。都是同一认定理论基础上进行检验鉴定的。所以必须找出检验对象稳定的特定特征,采用对比检验法进行检验鉴定。对比的内容,主要是形态、物理和化学的性质。在相同条

件下进行有关项目的对比，抓住特定特征，就能做出异同结论。例如：从纤维表面形态观察到天然“扭曲”特征，就可以确定是棉纤维；若是观察到“鳞片”形态，就可以确定是毛（动物毛或人体毛）。因为“扭曲”和“鳞片”是棉纤维和毛的特定特征。做为整体同一检验，必须进行综合对比，力求判断出是否为同一整体所分离。当然，一个具体检验对象，要具体对待，不能简单化，必须注意特征的变化，要避免机械对比。

当前，在纤维方面，由于提出了用偏光显微镜检验合成纤维的同一认定的理论，运用比较检验方法，基本上做到了常见纤维的微量无损种类鉴别。在染料方面，提出了一套溶剂提取和薄层对比分析检验1厘米长单根纤维上的蓝、黑染料的方法和程序。因而把纤维及其织物、制品检验推到实用阶段，扩大了检验范围，提高了检验水平。

但是，作为刑事技术中的纤维及其织物、制品检验仅是开始，这本小册子只是对已有的科研和办案工作的粗浅总结，有待于把这项工作推向新的高度。

本书引用的方法和数据大部分采自公安部第二研究所物理室《几种常见纤维的检验》、《常见蓝、黑色纺织物上染料检验》两项研究成果和几年来检案的经验。

由于编著者水平有限，有些领域尚未深入研究，因此介绍的内容还不系统、全面，望读者批评帮助，以期逐渐形成一套完整的适合刑事技术应用的检验方法。

本书在编写过程中得到公安部第二研究所物理室和其他有关同志的大力支持，在此一并表示感谢。

编著者

1985年1月

封面设计：李 兵



科技新书目, 128—103

统一书号, 13067·110

定 价: 1.50 元

目 录

第一章 纤维	(1)
第一节 纤维的种类、微细结构及其性质	(1)
第二节 几种常见纤维结构及光学形态	(12)
第三节 合成纤维偏光形态的特定性	(26)
第四节 纤维的检验	(31)
第二章 染料	(49)
第一节 染料及染色	(49)
第二节 染料种类	(56)
第三节 纤维及织物、制品上染料检验方法	(69)
第四节 几种常见织物纤维上的染料检验规程	(83)
第三章 纤维制品	(101)
第一节 纱、线、绳	(101)
第二节 织物的组织结构	(112)
第三节 织物的外观颜色形态	(139)
第四节 纤维制品及检验	(147)

第一章 纤维

第一节 纤维的种类、微观结构及其性质

一、纤维及其种类

纤维是指天然的或人工合成的细丝状物质。它的长度比细度大许多倍，通常其直径细到几微米(μ)或几十个微米，长度可达几个或几十个毫米(mm)以上。所以它具有一定的挠曲性，可以用于纺织等。纤维是我们日常生活不可缺少的，也是犯罪现场常见的物证。

纤维的种类很多，总的来看，可以分为天然纤维和化学纤维两大类。天然纤维中又可分为植物纤维，动物纤维及矿物纤维；化学纤维又分为再生纤维、半合成纤维、合成纤维和无机纤维。

植物纤维：是由纤维素构成的天然纤维素纤维，如棉、麻等。

动物纤维：是由天然蛋白质构成的蛋白质纤维，如蚕丝、羊毛等。

矿物纤维：是天然形成的无机纤维，如石棉等。

再生纤维：是用天然的不能纺织的短纤维或植物蛋白，经化学处理加工而制成的纤维，如粘胶纤维、大豆纤维等。它们是由天然高分子的纤维素及蛋白质构成的。

半合成纤维：是用天然高分子与一定量的合成物质进行化学结合而制成的纤维，如醋酸纤维等。

合成纤维：是用低分子物质经化学缩合、聚合等方法合成的高分子聚合物，再经喷丝、加工制成的纤维。如涤纶、锦纶、腈纶等。

无机纤维：是用无机材料经高温加热熔融而制成的纤维，如玻璃纤维等。

上述每类纤维中还可分为若干种，如表1——1所示。

二、纤维的微细结构

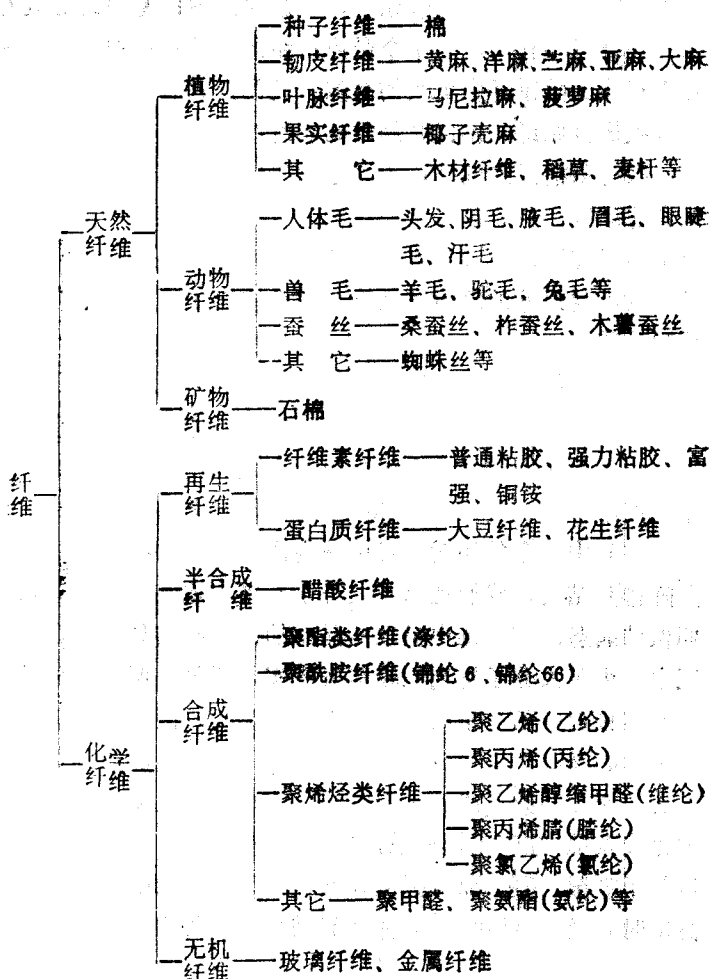
（一）纤维的微细结构的层次

一切物质都是由原子和分子组成的。由不同的原子和它们的排列、结合状况，构成了不同物质，决定了每种物质的物理、化学性质，表现了不同的外观形态特征。

纤维是一种高分子物质，是由长链大分子组成的。由于长链大分子之间引力的作用，使分子互相排列、凝集在一起，形成结晶区与非晶区。纤维就是由长链大分子沿着纤维轴方向排列、堆砌而构成的，有多级微细结构层次的细而长的物质客体。不同种类、不同品种的纤维其性质是不同的。即便是同品种的纤维，由于加工处理的方法不同，也表现出一定的性能上的差别。这些差别决定于纤维内部物质的组成和它们的结构。虽然各种纤维的具体结构有相当大的差别，但纤维的微细结构层次是大体一致的，即：单分子→基原纤→微原纤→原纤→巨原纤→纤维。

纤维分子是由各种单基组成的各种聚合度的长链大分子，在纤维内具有某种相对稳定的三维空间几何形状。几个长链大分子互相间按着一定距离、位置平行排列、结合在一

表 1-1 纤维分类表



起，成为结晶态大分子束，即称为基原纤。若干个基原纤平行排列结合在一起组成微原纤，在微原纤内的基原纤之间存在一些缝隙和孔洞。若干个微原纤组成更粗些的原纤。在原纤中存在比微原纤中更大的缝隙、孔洞，并存在着非晶区。原纤组成巨原纤，由巨原纤堆砌成纤维。

因为每根纤维都是这种多层次的结构整体，其中有结晶区和非晶区，其结晶区和非晶区不仅大小不同，而且排列方向也不尽相同，并存在着许多几埃、几十埃、几百埃甚至几千埃的不同尺寸的缝隙和孔洞。由此决定了纤维的特有的一系列性质。

（二）纤维的结晶度

原子、分子按照一定方式排列成为晶体。构成纤维的长链大分子也在不同程度上按照一定方式互相间整齐、稳定地排列而结合在一起，每一个链节，甚至每一个基团或原子都在三维空间中一定的相对位置区域内成为整齐的有规律的空间点阵排列结构，我们把这些大分子有规律地整齐排列的状态叫做结晶态。在纤维中呈现结晶态的区域叫结晶区。在结晶区中，由于大分子排列比较整齐密实，缝隙孔洞少，分子之间互相接近的各个基团的结合力互相饱和，因而纤维吸湿较困难，强度较高，变形较小。那些大分子不呈结晶态的各种凝聚态，叫非晶态（或无定形态）。纤维非晶态区域中大分子排列比较紊乱，堆砌比较松散，联系力较小，没有完全饱和，所以易于吸湿、染色，而且强度较低，变形大。因此，纤维在不同温度时表现出：粘流态、高弹态和玻璃态三种力学特性状态。

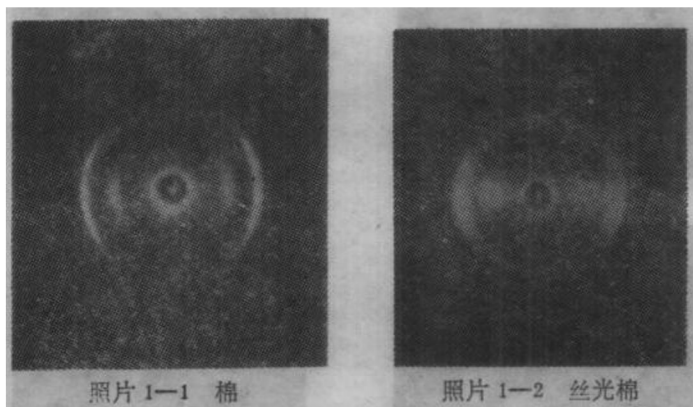
一根整根纤维，一些区域呈结晶态，在另一些区域呈非晶态，是结晶态与非晶态的混合物。每个长链大分子可以同时

穿过结晶区和非晶区，把它们连接起来，使纤维形成一个疏密相间而又不散开的整体。不同纤维其晶区与非晶区比例是不同的，即结晶程度不同。我们把结晶区的体积占纤维总体积的百分数，叫结晶度，即：

$$\text{结晶度} = \frac{\text{结晶区域体积}}{\text{总体积}} \times 100\% \quad (1-1)$$

不同纤维结晶度是不一样的。如天然纤维素纤维，结晶区所占比例约为三分之二，非晶区为三分之一。结晶度高，纤维中缝隙孔洞就少，相应性质就不一样。

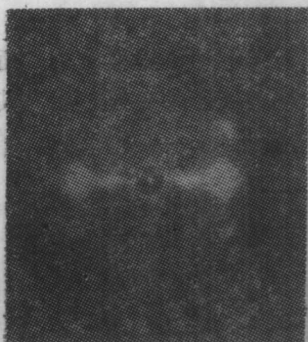
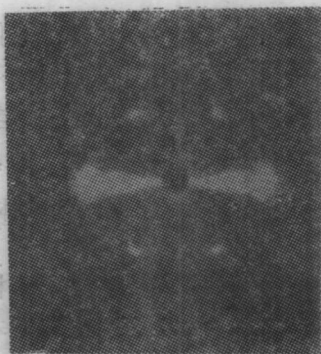
做为纺织纤维的结晶度，不仅与纤维形成过程有关，而且与纤维的加工过程也有关系。如棉纤维经丝光处理后，其结晶部分比例就下降，见 X 射线衍射照片 1—1 和 1—2。



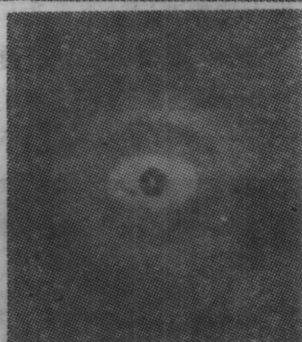
所以纺织纤维的结晶度，不仅反映了纤维形成成长的过程特征，也反映了处理加工过程的特征。因此，可以利用 X 射线衍射、红外吸收光谱等仪器设备检测不同种类纤维。不同种类纤维结晶度不同，显示了不同的 X 射线图谱，如照片 1—3 所示。

照片 1—3 各种纤维的
X 射线衍射

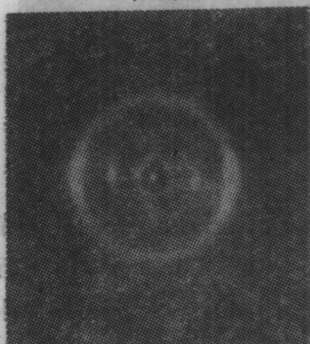
(1) 照相(1)一(9) 大麻



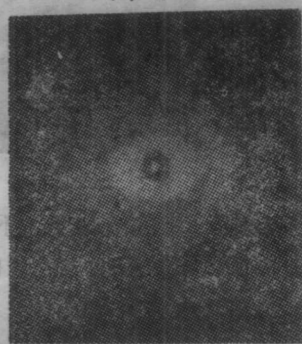
(2) 蚕丝



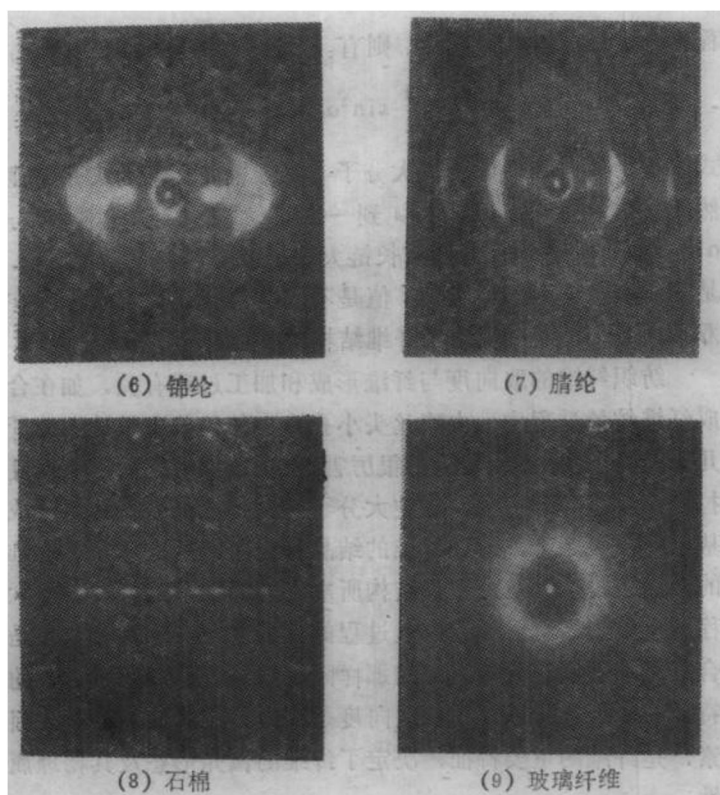
(3) 羊毛



(4) 粘胶



(5) 醋酸纤维



(三) 纤维的取向度

纤维中的长链大分子不仅形成晶区与非晶区，而且是沿纤维轴线方向取向排列的，把这种有一定方向的排列称之为取向。不同纤维，分子排列的取向程度是不同的。把分子排列方向与纤维轴向符合的程度叫“取向度”。纤维中分子取向度较高时，纤维的拉伸强度一般就较高，伸长能力较小，其光学、力学等性能的各向异性特点就比较明显。为了表示取向

程度，引进取向因数 f 表示，则有：

$$f = \frac{1}{2} (3 \cos^2 \alpha - 1) \quad (1-2)$$

式中 α 为取向角，即长链大分子与纤维轴向之间的夹角。显然， α 由0到 $\pi/2$ ，则 f 由1到-0.5。如果 $\alpha = 0$ ，则 $f = 1$ ， $\alpha = \frac{\pi}{2}$ 则 $f = -\frac{1}{2}$ 。即所有长链大分子全部与纤维轴平行，是完全取向。不同纤维其 f 值是不同的，在光学上就表现在双折射率 Δn 上，反映了纤维结构的特征。

纺织纤维的取向度与纤维形成和加工过程有关。如在合成纤维纺丝过程中，由喷丝头小孔喷出的丝条中长链大分子几乎是无定向的，或弯折得很厉害，主要依靠喷丝后，在反复拉伸、定型等处理中，才使大分子逐渐伸直、平行并结合成基原纤、微原纤，形成纤维的结晶和取向。因而合成纤维的微细结构，以及由微细结构所决定的纤维性质，在很大程度上是依靠合成纤维纺丝过程的工艺来控制的。这就是合成纤维不具有天然纤维的那样固定的外表形态和稳定的特征的原因。所以纤维的取向度是决定纤维特性的主要因素，是纤维的重要特征，决定了纤维的偏光形态及其物理属性。

三、纤维的有关性质

纤维的性质是由纤维的微细结构决定的，即决定于分子结构、结晶状态和取向等。

(一) 纤维的熔融、分解和燃烧

1. 熔融和分解

当对纤维进行加热时，纤维长链大分子随着温度升高，分子间的作用力逐渐减少，分子运动形式和物理机械状态也

随之发生变化，最后产生熔融或分解。对于合成纤维产生熔融，对于天然纤维素纤维、蛋白质纤维和人造纤维素纤维则产生分解或炭化。

例如合成纤维，随着温度变化表现为三种状态，即玻璃态、高弹态和粘流态。所谓玻璃态是指合成纤维在某一温度 (T_g) 以下，纤维大分子之间作用力大，分子基本上是在不动状态，对外力作用变形很小，所以称为玻璃态。 T_g 称为玻璃化温度。当温度高于玻璃化温度时，由于分子间作用力减少，纤维结晶区域也开始减少，在外力作用下能出现高度变形，因此称为高弹态。当温度继续升高，纤维就开始软化，进而熔融，成为粘流态。

纤维随着温度变化所出现的状态变化及熔融现象，反映了纤维形成和加工处理过程的特点，是具体结构对热性质的反应。不同纤维由于结构不同，其熔融、分解温度是不同的，比热、膨胀也不同，并有特异的现象，如热收缩、比热变化等。所以可以通过对纤维的热分析来研究纤维的结构特性，鉴别纤维。

2. 燃烧

大多数纤维遇火能燃烧，即把纤维加热到一定温度，供给一定热量，纤维就能够燃烧。不同纤维燃烧性质不同。纤维素纤维与腈纶纤维是易燃的，而且燃烧迅速；羊毛、蚕丝、锦纶、涤纶、维纶纤维是可燃的，容易燃烧，但燃烧的慢；氯纶等是难燃的，而且一离开火焰马上熄灭；而石棉、玻璃纤维则是不燃的。纤维的这种燃烧性质是由它的氧指数 (OI) 决定的。所谓氧指数是指材料被点燃后在氧——氮 (O_2-N_2) 大气中维持燃烧所需要的最低含氧量的体积分数，即：