

[英]J.W.S 赫 尔 著
L.W.C米利斯

李 栋 高 蒋 蕙 钧 译

纤维和织物的定型

纺织工业出版社

纤维和织物的定型

【英】 J.W.S. 赫 尔 著
L.W.C. 米利斯

李栋高 蒋蕙钧 译

纺织工业出版社

内 容 提 要

本书主要介绍了棉、毛、合成纤维的纤维结构特征，以及纤维、织物、外衣等的定型机理和定型工艺，是一本专门讨论定型问题的理论著作。

本书可供从事纺织工业的技术人员、研究人员和大专院校的师生阅读。

责任编辑：高玉梅

纤维和织物的定型

〔英〕 J.W.S.赫 尔 著
L.W.C.米利斯

李栋高 蒋蕙钧 译

纺织工业出版社出版

（北京阜成路3号）

保定地区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米 $\frac{1}{32}$ 印张：7 $\frac{16}{32}$ 字数：166 千字

1981年7月 第一版第一次印刷

印数：1—5,000 定价：0.78元

统一书号：15041·1129

译 者 的 话

定型工艺作为一种重要的加工手段，早就为纺织工业广泛采用⁸³，以提供方便的加工条件与良好的服用性能。近年来由于广泛采用了热塑性合成纤维，所以这一工艺的地位更是日益突出。我们在研究工作中接触到了本书，认为该书很有向国内纺织界介绍的必要，故勉力将它译出，供同志们参考。

本书由英国曼彻斯特大学著名的纺织物理学教授J.W.S.赫尔和L.W.C.米利斯主编，并由分属英国的里兹大学（A.罗布宋教授、P.格罗斯伯格教授）及锡莱研究院（M.J.登通、W.J.莫里斯），美国的犹他州立大学（W.O.斯塔通教授）、瑞典纺织研究院（J.林德伯格教授）以及英国一些企业单位（J.S.希通、T.D.布劳、G.A.里恰德宋）的十一位专家共同撰写了这一学术性著作，作为默罗（Morrow）技术丛书中纺织工艺文库的第八种出版。

本书按结构、机理、工艺的顺序安排。书中引用了许多反映目前国外实验手段水平的试验数据，有关机理问题的讨论亦能兼顾到纤维的共性与个性，同时还对国外现在采用的工艺技术作了一般性的介绍。本书由于作者较多，因此各章的深浅尺度不一，在内容上不够平衡，相互间的联系也稍欠紧密，个别理论性的内容介绍得不够系统，可能会给读者带来一些不便。为此，我们在每一章末均将原有参考文献附上，以备参考。

本书在翻译过程中曾得到杨建生、纪桂生同志的校阅，
在此表示感谢。

由于我们水平有限，错误在所难免，敬请读者批评指正。

目 录

序言	(1)
第 一 章 定型的性质	(2)
第 二 章 纤维素纤维的结构和定型	(24)
第 三 章 羊毛的结构和定型的基本原理	(42)
第 四 章 合成纤维的结构与定型	(65)
第 五 章 合成纤维的定型机理	(111)
第 六 章 热定型和变形纱	(121)
第 七 章 织物的几何结构与定型的关系	(144)
第 八 章 织物的定型	(159)
第 九 章 织物的定型工艺	(193)
第 十 章 羊毛织物和外衣的定型工艺	(206)
第十一章 合成纤维定型的工艺问题	(226)

序 言

由于合成纤维的生产，使纺织材料的定型越来越重要了。随着这一加工工艺的进展，我们可以做到按照消费者的需要去改变它的“洗可穿”性。现在定型工艺已被推广到天然纤维和再生纤维，作为增强其抗皱性的前处理工序。尽管定型工艺已有了这样大的发展，但是这一过程的原理至今仍然不十分清楚。由于这方面知识的不足，显然已经阻碍了这一技术的进一步提高。

定型既可以是暂时性的，也可以是永久性的。定型可以通过纤维内部的化学、热、吸湿的变化以及织物内部结构变化来达到。本书作为曼彻斯特大学的科学和工艺研究院开设的专门课程，将就此加以研讨。在本书开始的几章里，主要介绍有关定型机理的新概念，同时还介绍一些关于结构方面必要的背景材料。在本书的后半部分，则着重介绍与定型工艺有关的内容，包括实际的定型过程、面临的难题、定型对其他工艺过程的重要性以及有关外衣制作上的一些问题等。

第一章 定型的性质

J.W.S. 赫尔 (Hearle)

一、导 言

定型是和纺织材料所表现的平衡形式有关系的。实际上，定型一词所描述的是一种特定形式的结构稳定性。

纺织工业的一个重要作用，就是把纤维集合成符合需要的和有用的形状。因此，定型在纺织工艺的许多方面都起着重要的作用。有关定型的研究，所涉及的领域是很广泛的，它包括定型的基础力学、纤维分子结构的基本机理、织物特性、殊特工艺体系的研究以及定型的工艺和它的结果。

二、定型的特征

表1-1所示为各种定型工艺的分类情况。

特征1和2是简单而又容易理解的。从技术观点上来看，定型后能否达到合乎需要的结果并不重要。因为定型是可以应用表列任何一种方法取得的。

比较起来，特征3和4的定义显得不够明确，因为它们涉及的范围很广泛，并且相互之间还可以彼此交叉组合。

有关定型持久性的一些术语，其界限是不太准确的。其中，暂时定型是指那些在平时使用中会消失的定型（譬如由于低热、湿度的变化以及浸湿的作用），或是在轻微的机械作

表1-1

定型的类型

特征	类 型	举 例
1.目的与结果	(1) 是预 期的, 与合乎需要的 (2) 不是预 期的, 与不合乎需要的	如工业生产上的定型、家庭熨烫、毛发定型 如加工过程中的过度伸长、起皱、折皱和形状变化
2.定型的动力	(1) 用加热的方法 (2) 用化学的方法 (3) 用给湿的方法 (4) 用粘着的方法 (5) 用应力的方法	如纱的膨体化和许多织物的定型 如在纤维内作树脂处理, 形成交联 如简单的毛发定型, 在熨烫时附加给湿 如毛发上蜡, 在外部作树脂处理 利用过度伸长的效应
3.定型的方式	(1) 在制造当中 或是制成后进行定型 (2) 在自由松弛 的状态下进行定型 (3) 在给定的形状 下进行定型	如织物的平幅定型, 纱线在卷装上定型 如绞纱的收缩, 织物的松弛收缩 如加上褶裥, 纱线的膨松化, 起皱处理
4.定型效果的持久性	(1) 暂时性的 (2) 半永久性的, 它既可以消除也可以重新获得 (3) 永久性的, 包括不可逆性的变化	如简单的毛发定型, 降低捻缩, 固定合纤织物上的皱纹 如熨烫, 用于高膨体纱的收缩纤维, 起皱和折皱 如许多工业生产上的定型

用下可以消失的定型；半永久性定型是指那些在平时使用中，能抵制上述一般作用的定型，不过倘若给以激烈的处理，它也能恢复原状；而永久性定型则是指其结构在定型中发生了变化的定型，它是不能复原的。当然，如果给予更加激烈的定型处理，使它的结构发生更进一步的不可逆变化，那也能把它原有的变形消除掉。此外，也可以通过适当的处理，在永久性定型上再加上暂时性或半永久性的定型，使它重新定位。例如，用假捻法制造的膨体纱，在最后阶段，当纱线从卷装上小心地退出时，实际上它并没有表现出膨松性，只是在受到了热、水或是不大的机械作用以后，才出现膨松性。因为这时既把它在卷绕时得到的暂时性定型消除了，同时又使它的永久性定型表现了出来。

在许多情况下，被定型下来的整个形变当中，实际上包含着暂时性的、半永久性的和永久性的这样几种成分。只有当它们全部同时发生的时候，定型才是最有效果的，这就是为什么合纤衬衣要熨烫的原因。

三、定型物理学

（一）平衡形态

从理论上讲，要计算一种材料的平衡形态，可以有两种方法，第一种方法就是求解系统中各种力的平衡方程式，但若判断它是否得到平衡，就需要求出矢量的总和。而且这种方法只有对存在于纤维各结构单元之间的相互作用进行详细描述时才能采用。在纺织产品中存在着无数的纤维，要这样做通常是困难的，而且常常是不可能的，所以就不容易了解定型将产生什么样的结果。

另外还有一种很有用处的标准，就是认为平衡状态实际上是指系统处于能量最小的位置。更确切地说，即认为一个大的体系总是要改变它的形状，以使能量减小。这就好象在重力系统中，球总是要滚向波谷的最低处，水总是要向山下流，钟摆总是垂直悬挂着一样等等。

图1-1所示为最小能量的平衡状态，可以认为它是能量 E 对位移 x 的函数图形关系，也就是说，这时最小能量的位置应在通过凹槽最低点的一个区段。就如同一个惯性的圆球提升以后所发生的情况一样。

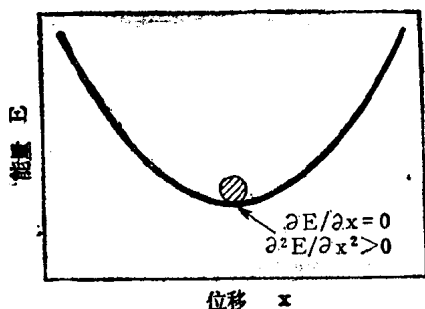


图 1-1 平衡时的最小能量状况

如果用数学方法来表示，稳定平衡状态位置的定义是：

$$\frac{\partial E}{\partial x} = 0 \quad (1-1)$$

和
$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} > 0 \quad (1-2)$$

因为有不同的判断标准，倘使只有方程 (1-1) 得到满足，而 $\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} < 0$ ，则说明是非稳定性的平衡状态（因为

它是在曲线的最高点上取得平衡的)，当 $\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = 0$ 时，则

表现为随遇平衡(就好像把一个球放在平板上一样)。所以，在对平衡状态作出判断时，必须使这两个方程同时得到满足。

(二) 定型的机理

最简单的定型机理，是纤维的结构发生了一个导致它获得新的最小能量位置的变化。在图1-2中显示了两根曲线，它们大体上是相似的，只是在定型以后，对应于曲线的弯曲，波谷转移到了最低的位置。如果在定型中结构上完成了这样的变化，那它必然是永久性的。不过，这个问题很复杂，并且需要同时考虑到有其他形式变化的可能性。

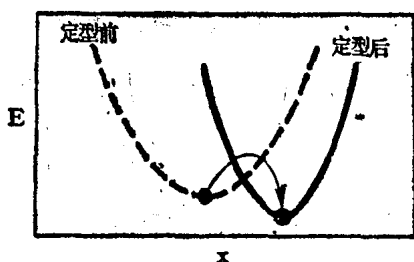


图1-2 由于结构变化而引起的定型

首先，需要用许多参数来说明整个系统的状况，并且这些参数都要能使有关最小能量的准则得到满足。方程(1-1)与方程(1-2)只不过是大量定型参数式中的两个典型部分，而 x 也只是许多参数的一个代表而已，最小能量的概念可以用重力作用来比拟，它也有三维空间的概念，因此，当沿纵向的位移使能量降至最低限度时，必须同时考虑在另两

个水平方向上的位移，除非试样受到限制，只保持在单一方向的轨迹上移动。

实际上有一些简单的问题，只需要一个外界状态参数就可以详细说明，例如，纤维或是纱线的拉伸与扭转、织物的单向拉伸等。但如果要详细研究物质的基本结构，例如，纤维在纱线中的排列情况，纤维在织物中的排列情况，或是分子在纤维中的排列情况等等，就需要用许多参数来说明。在许多情况下，发生外部变形时往往变形本身就很复杂，由于具有三维空间的形式，仅仅描述这些形态就需要大批的参数。

其次，一个体系一般都有许多个能量最低值，如图1-3所表明的那样，假使体系发生了从一种状况向另一种状况的转移，那它的定型情况就发生了变化。如果这种移动是由低的最小值向较高的最小值进行的，如图1-4（a）所示，那么这样的定型就很可能是一种暂时性的，这时只要给一些干扰，体系就会回到较低能量的位置上去。但若移动是向较低位置进行，如图1-4（b）所示，那就很可能是永久性定型。

（三）能谷的概念

有三种因素可以引起从一个能谷向另一个能谷的变化：

1. 在分子这一级上，能谷的变化可能是由于意外的热振动所引起，当然，在高温时发生这种变化的可能性比较大。从宏观的角度来讲，这时候的纺织品就表现为受到很多能改变定型的振动脉冲，这些振动与热振动是十分相象的。

2. 由于在外力的作用下产生变形，使它越过了势垒，因而使原有的定型消失，或者是产生了新的定型，这与把一辆汽车推过一个坡顶，或者用一只箱子将某些物体从一个地方倒到另外一个地方去的情况相似。

3. 势垒也可以由于外界条件的变化（例如施加化学药

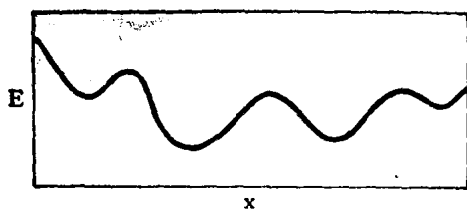


图1-3 多重的能量最小值

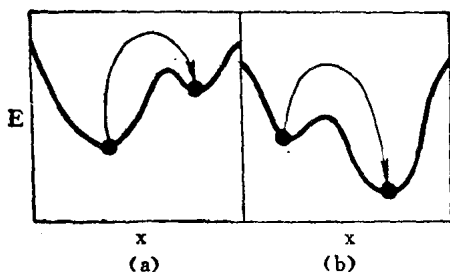


图1-4

(a) 移向不大合适的最小能量位置 (b) 移向更合适的最小能量位置

品或是湿度) 而得到克服, 这里真正发生的是某些较小的势垒消失了, 因而能谷发生变化。如果将条件还原, 譬如说烘干, 那么消失了的势垒就会再现。但是, 假使这时材料已经变形, 那它就会在新的位置上产生新的暂时性定型。在这些变化中, 结构上的次要变化是不能改变整体的结构状况的。只有主要结构发生了象化学反应一类的变化以后, 才能改变整体的结构状况。

有许多变化, 起初考虑它似乎有回复的可能, 但实际并

非如此。可以想象，对某些物体来说，是既能把它沿着一个方向推过去，并安置在那里，同时也能把它再推回来的。但是对于纺织品这一体系来讲，即使已经考虑到了它的外界参数，这样的可能性还是很小的，因为纺织纤维是很容易伸长和使它定型的。由于变样了的形状被固定下来，因此它便不能再回复到原来的长度。所以，应当要求材料能在许多方面经受得住复杂的变形，并防止它由于滑动或者走样而形成不正确的形状。

当我们考虑到内部结构的参数时，可以明显地看到，在变形以后，要使每个细节都恢复到原状是不可能的。这就如一批在超级市场的货架上堆得很好的罐头被推倒以后，不能一推就把在地上摊成一摊的罐头堆成原样，但可以一个罐头一个罐头地分别放回原处。但是就纤维中各个分子的排列情况来说，是不可能这样做的，同样，就织物中各根纤维的排列情况来说，也是不可能这样做的。因此，在这种情况下，我们只能控制住一些主要的参数，而细微参数相应地会发生变化，这就好象将一块受到严重折皱的织物烫平以后，织物中所有的纤维并不都能回到原来的相对位置上一样。

(四) 基准状态

基准状态是一个很有用处的概念。当体系得到了一定程度的活动性(例如通过加热和浸湿的办法)后，摆脱了各种束缚并稳定下来的一种状态，即称之为基准状态。一个体系在发生各种变化的时候，只要它的基准状态没有改变，那么产生的就不是永久性的定型。尽管我们可以用各种方式去获得暂时性的或是半永久性的定型，但是都能重新回复到它们的基准状态。不过如果形成了新的永久性定型的话，那就会形成一个新的基准状态。

四、 能量的作用

曾在图1-1中表明了关于最小能量的简单概念，当发展到了以多维空间的方式来加以表达时，似乎已因紊乱而失去了作用，这时最小能量的位置就好象是在砂粒上那样移来移去，甚至那些已经为我们所认识了物体能量也变得不现实和失去了意义。不过，尽管如此，在前面一节中已经提到的有关最小能量的概念，仍然是我们理解定型基本原理的基础。虽然在这方面很难找到一个全面而又通俗的叙述方法，但分别从个别的方面作出解释还是可以的，因为在任何一种具体的情况下，问题就会变得比较明确，因而就有可能把它的主要特征识别出来。此外，考虑最小能量这一指标，还非常有利于推进有关定型问题的任何真正的理论分析工作。

不管是仅仅试图作定性的了解，还是作定量的估计，都必须弄清楚能量变化对体系的作用，在纺织品体系中，这种作用可以表达为：

$$\delta E = \sum \delta E_f + \sum \delta E_b (+ \sum \delta E_0) \quad (1-3)$$

式中： δE —— 在外部参数变化时，总能量的变化；

$\sum \delta E_f$ —— 在纤维内部发生的能量变化；

$\sum \delta E_b$ —— 在纤维之间发生的能量变化；

$\sum \delta E_0$ —— 在整个体系的任何非纤维物质成分中发生的能量变化，例如胶粘剂或粘着剂。

第一项 δE_f 应当是始终存在的；第二项 δE_b 在以单纤维作试验时应该是不存在的，但在任何多纤维的体系中则是存在的；第三项 δE_0 通常也是不存在的，并且在我们大部分讨论中将不去考虑它（当然在作过粘合处理的织物中还是重要

的)。

五、 在纤维内部定型

尽管纤维定型的机理将在以后的章节中详细讨论，但我们在这里作一简单的叙述还是有好处的。

在任何转移过程中，分子刚度的明显下降是很重要的，不管这是由于温度的变化，还是由于湿度和化学品的变化所引起，实际上这就是定型的内在机理。它意味着这时有一部分结构已经由坚硬变成自由并开始变形，假如这时把在变形了的纤维上引起结构松散的因素还原，那么随着这部分结构单元的重新刚硬，纤维就被固定在变形了的状态之下。这种分子转移的现象，可以通过模数下降的情况加以检测(指复数模数中实数部分 E')，但若用变形时转移区域所吸收的能量增长情况来表示，情况往往会更清楚一些。因为在动态试验中，能得到由于分子的转移而形成的相位滞后角 δ ，并以正切 $\tan\delta$ 或复数模数中的虚数部分 E'' 给出变化的峰值。例如图1-5所示为一组尼龙66动态模数的数据，在 E'' 曲线图中的各个峰值所反映的就是势能定型机理的问题。但是我们无须去追究产生这种分子转移的原因并加以评论。譬如说仅仅由于温度改变就能形成分子转移这一点，就说明了热定型的方法是有用处的。同样，其他的定型方法也可以用这类论点来加以说明。显然上述论点将有助于我们去认识定型的机理，并将它用于纺织品体系的工艺设计。几乎所有的纤维都是由长链分子所组成，因此可以从具有高度变形能力的橡胶高聚物，能因变形而被“固定”成某一特殊形状的有关现象中，去找到纤维在这方面的有关概念。对于具有部分结晶高聚物