

# 羊毛防缩

K. R. 麦金森 著 朱良骅 译 陈文湘 审校



纺织工业出版社

# 羊毛防缩

K. R. 麦金森 著

朱良骅 译

陈文湘 审校

纺织工业出版社

32604

## 内 容 提 要

《羊毛防缩》分羊毛角质层的性质与结构，羊毛的摩擦性质，毡缩，防缩四章。本书不仅阐明了羊毛的结构、性质及其毡缩机理，还详尽、系统地讲述了毛织物洗、染和后整理各工序的防缩工艺、注意事项以及助剂的使用。本书对更好地掌握羊毛防缩知识、提高毛织品质量会大有帮助，可供毛纺织研究人员和工程技术人员以及纺织院校师生参考。

### 羊毛防缩

K.R.麦金森 著

朱良骅 译

陈文湘 审校

纺织工业出版社出版

(北京东长安街12号)

纺织工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米 1/32 印张：11 24/32 字数：362千字

1987年12月 第一版第一次印刷

印数：1—5,000 定价：2.45元

统一书号：15041·1588

## 译者的话

麦金森氏《羊毛防缩》一书就羊毛毡合与防缩问题进行了较为系统而详尽的论述，对毛纺织工业领域的理论与实践具有很大的参考价值，特别是对本世纪中提到日程上来的羊毛防缩问题展示了新的篇章，有助于推动毛纺织科技界象掌握毡合那样更好地掌握防缩。

本书翻译过程中得到纺织工业出版社有关同志、上海毛麻公司施邦安同志、上海毛麻研究所有关同志的大力帮助，特此表示感谢。

本书第一章系同吴焜华同志合译，第三章系同曹瑞同志合译。

译者

1984年

CA100/07

## 序 言

人们对于羊毛的毡缩性能早在几个世纪以前就已有所了解，并利用这一性能生产出多种无需经过纺和织的产品，诸如帐篷、地毯、衣服等以及后来的为数众多的工业用品，还利用这一性能对各种粗纺毛织物进行合乎要求的整理；然而对由于毡缩性能而引起的毛料衣服在洗涤时所产生的收缩则感到痛惜。至于致力于研究解决怎样在不要求毡缩的情况下防止毡合的课题，还只是在本世纪中才提到日程上来的。

目前对于羊毛毡缩的原因及防止或减轻毡缩的方法，在科技文献中已有广泛的阐述，因此可以说对于羊毛的毡缩性能已有深刻的理解了。但遗憾的是这方面的信息在浩瀚的科学和纺织工业期刊中极为分散。由于有关这方面的书籍为数甚少，而且所发表的专题评论多仅仅涉及整个领域中的某一部分内容。因而，使对此有兴趣的人士难以一览这一领域的全貌。本书的目的就在于把当前有关毡合与防缩方面的知识加以汇集，以便读者掌握这方面的现有知识。本书的附带目的，是企图在化学家与物理学家的研究论点之间能搭建一座小小的桥梁，以弥合两者间的缺口。从传统的观念来说，在防缩领域中，化学工作者一直是革新者，往往是以实验为根据的；而物理工作者则往往是其机理的阐述者。如果要能充分理解防缩问题，则必须将防缩的物理学看做是其化学与工艺技术之间的一个环节。本书作者作为一名物理学家，力求就本书中大部分的物理学内容，以不排斥化学家们的论点的方式进行撰写，尽管这一点并非总是能完全办到的（例如第二章中论述摩擦的部分）。

要对毡合与防缩有所理解，必须先做到以下两点：(1) 熟悉羊毛纤维表面（角质层）的结构，(2) 理解，至少是定性地理解什么是摩擦以及摩擦是怎样产生的。第(1)项的内容就是本书第一章的主题；第(2)项的内容则是本书第二章的主题。在这两章的基础上，第三章就目前对毡合的理解进行了阐述。而后又在前三章的基础上，在第四章中论述了羊毛的防缩。本书可供工程技术院校的学生、开发及科研工作者阅读参考，并希望能对那些要求理解自己在纺织厂中所采用的加工方法的实际工作人员也有所裨益。每一章的结尾列有供进一步阅读的参考文献目录。

必须指出，本书中所采用的专利商标名的产品，特别是在用作某种原材料的例子时，并不意味着除此之外别无其他同样合适的产品。

K. R. 麦金森

32604

封面设计：刘晓霞

统一书号：15041·1588

定 价： 2.45 元

# 目 录

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| <b>第一章 羊毛纤维的表皮结构和性能</b> ..... | ( 1 ) |
| 第一节 羊毛纤维的整体结构.....            | ( 1 ) |
| 第二节 鳞片.....                   | ( 5 ) |
| 第三节 角质细胞的微细结构.....            | ( 9 ) |
| 一、角质细胞膜和角质表层.....             | (12)  |
| 二、细胞间质和细胞膜组合体.....            | (16)  |
| 三、外角质层.....                   | (17)  |
| 四、内角质层.....                   | (18)  |
| 第四节 阿尔瓦顿和海尔别格反应.....          | (19)  |
| 一、历史与说明.....                  | (19)  |
| 二、羊毛与氯和溴反应的化学.....            | (22)  |
| 第五节 角质层的物理性质.....             | (25)  |
| 参考文献.....                     | (26)  |
| 一般读物.....                     | (31)  |
| <b>第二章 羊毛纤维的摩擦性能</b> .....    | (33)  |
| 第一节 综述.....                   | (33)  |
| 第二节 摩擦术语的定义及其解释.....          | (33)  |
| 一、静摩擦.....                    | (33)  |
| 二、动摩擦和粘-滑滑动.....              | (36)  |
| 三、摩擦系数.....                   | (38)  |
| 四、接触面积.....                   | (38)  |
| 五、羊毛纤维的方向性摩擦.....             | (38)  |
| 第三节 摩擦的起因.....                | (39)  |
| 一、粘弹性.....                    | (42)  |



|                     |       |
|---------------------|-------|
| 二、粘合力理              | (49)  |
| 三、不取决于粘合的变形机理       | (56)  |
| 四、库仑氏峰-谷机理          | (61)  |
| 第四节 羊毛纤维摩擦的测量       | (65)  |
| 一、摩擦表面的选择           | (65)  |
| 二、测量方法              | (66)  |
| 三、其他测量条件            | (75)  |
| 四、统计设计和测量程序         | (76)  |
| 第五节 正常羊毛纤维摩擦的测量结果   | (79)  |
| 一、湿羊毛纤维的一般测量结果      | (79)  |
| 二、干羊毛纤维的一般测量结果      | (83)  |
| 三、湿羊毛纤维摩擦对实验条件的依赖关系 | (83)  |
| 第六节 鳞片对摩擦差的关系       | (85)  |
| 一、棘齿机理              | (86)  |
| 二、犁纹机理              | (93)  |
| 三、林肯机理              | (95)  |
| 四、弗拉纳根机理            | (96)  |
| 五、格罗斯伯格机理           | (97)  |
| 六、鲁德尔(Rudall)机理     | (98)  |
| 七、马丁(Martin)机理      | (98)  |
| 八、小结                | (99)  |
| 参考文献                | (101) |
| 一般读物                | (108) |
| 第三章 毡合              | (110) |
| 第一节 何谓毡合            | (110) |
| 一、民间传说              | (110) |
| 二、毡合的定义             | (112) |

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 三、纱线和织物的收缩                    | (114) |
| 第二节 现代毡合工艺                    | (119) |
| 一、毛织物的毡合                      | (119) |
| 二、散羊毛的毡合                      | (122) |
| 三、兔毛的毡合                       | (122) |
| 第三节 毡合与毡合性能的测试                | (124) |
| 一、毡合尺度的选择                     | (124) |
| 二、毡合性能尺度的选择                   | (127) |
| 三、测试毡合性能的实验方法                 | (128) |
| 第四节 散毛、毛条、纱线和织物的毡合性能<br>之间的关系 | (138) |
| 第五节 毡合机理                      | (148) |
| 一、历史                          | (148) |
| 二、现代关于毡合运动学的研究与理论             | (152) |
| 三、机械力：毡合动力学                   | (174) |
| 四、诱导期                         | (181) |
| 第六节 影响毡合的因素                   | (183) |
| 一、纤维的性能                       | (183) |
| 二、纤维集合体的性能                    | (201) |
| 三、环境因素                        | (208) |
| 参考文献                          | (223) |
| 第四章 防缩                        | (236) |
| 第一节 防缩的原理和机理                  | (236) |
| 一、综述                          | (236) |
| 二、防缩工艺的两种主要类型                 | (237) |
| 三、降解处理                        | (237) |
| 四、聚合物沉积处理                     | (262) |

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| 五、适用于防缩处理的聚合物的特性..... | (278) |
| 六、施用聚合物时所用系统的特征.....  | (291) |
| 第二节 实用防缩法.....        | (302) |
| 一、涉及的领域.....          | (302) |
| 二、防缩处理的施用方法.....      | (304) |
| 三、试验程序.....           | (313) |
| 四、降解法.....            | (313) |
| 五、聚合物沉积法.....         | (325) |
| 六、各种不同防缩法的使用.....     | (337) |
| 第三节 影响防缩的因素.....      | (339) |
| 一、处理过程中起作用的因素.....    | (339) |
| 二、处理后起作用的因素.....      | (340) |
| 第四节 结论.....           | (350) |
| 参考文献.....             | (351) |
| 附录 .....              | (365) |

# 第一章 羊毛纤维的表皮结构和性能

## 第一节 羊毛纤维的整体结构

羊毛纤维近似地呈椭圆柱状（椭圆长短轴比一般为1.1~1.3），平均直径在 $15\mu\text{m}$ 至 $30\mu\text{m}$ 多<sup>●</sup>，其长度则视羊毛的生长速度和剪毛频率而定。表1.1所示为某些服装用商品羊毛的典型参数。

表1.1 某些典型的服装用商品羊毛的参数

| 羊毛类型  | 平均直径 ( $\mu\text{m}$ ) | 平均长度 (每年剪毛一次) (cm) |
|-------|------------------------|--------------------|
| 细支羊毛  | 17~27                  | 3~13               |
| 杂交种羊毛 | 21~32                  | 6~15               |
| 中支羊毛  | 24~39                  | 2.5~13             |

羊毛纤维干重约10%是由角朊即蛋白质或蛋白质复合物组成，其特征是含硫量较高，而且这种硫多半是以胱氨酸、 $\text{HOOC}-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{CH}_2-\text{S}-\text{S}-\text{CH}_2-\text{CH}_2(\text{NH}_2)-\text{CO}-\text{OH}$ 的余基形式存在。如图1.1所示，胱氨酸的二硫键构成两个不同的蛋白质分子链之间或某一个蛋白质分子链的不同部位之间的交联。这种交联使角朊比其它大多数蛋白质化学稳定性更高，可溶性更低。尽管羊毛纤维能够吸收水分的最大值

●  $1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m} = 10^3\text{nm} = 10^4\text{\AA}$

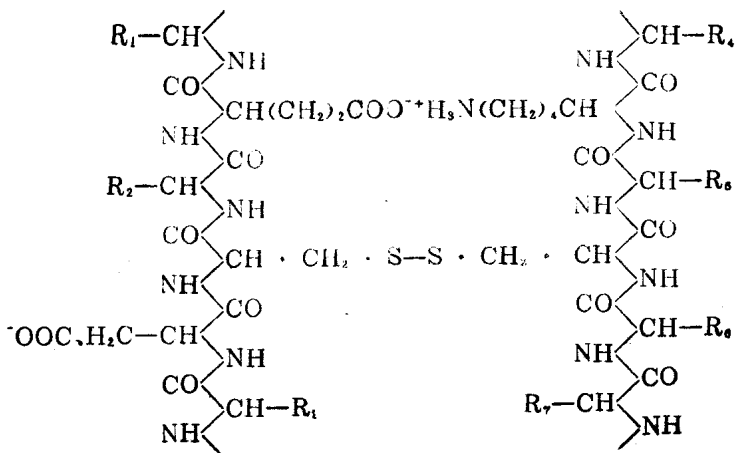


图1.1 角朊中的蛋白质分子链

$R_1, R_2, \dots$  表示各种氨基酸余基的侧链

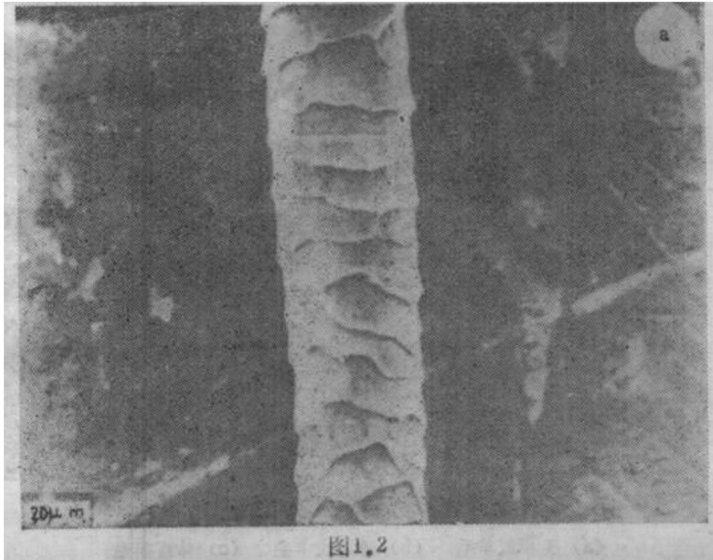
可达其干重的30~38%，但它并不溶解于水。角朊还含有大量可以产生氢键的分子基团，主要是主链上的 $-\text{C}=\text{O}$ 和 $-\text{NH}$ 基团，和碱性与酸性侧链上的 $-\text{NH}_3^+$ 和 $-\text{COO}^-$ 极性基团。此外，侧链的极性基团之间还具有强烈的静电相互作用力。在纤维吸水时，这两种交键虽然会逐渐断裂，但不会全部断裂。非极性侧链之间也存在疏水性的键合作用，但这种键的作用只是在含水量较高时才具有重要的意义<sup>(1)</sup>。

羊毛纤维具有复杂的组织学、化学和结晶学亚结构。图1.2a~c所示为某些真空干燥的羊毛纤维的外观形态，图1.3为其基本的组织学结构图解。此图解及其说明适用于美利奴羊毛，但也大体上适用于大多数衣料用羊毛。

羊毛的角质层由依次叠盖的扁平状细胞所组成，这些细胞相互之间并与其下层的物质牢固地粘合在一起。包覆在角质层里面的是由纺锤形细胞所组成的皮质层，这些纺锤形

胞同样也牢固地粘合在一起。纤维横截面的电子显微镜照片揭示,美利奴羊毛的角质层厚度约为 $0.5\sim 1.5\mu\text{m}$ 。一般认为美利奴羊毛角质细胞的叠盖长度,平均只有其长度的 $1/6$ <sup>[3]</sup>,但现在已有证据表明,纵向的叠盖长度在环绕纤维的方向上可能有所变化,这一点将在后面予以阐述。在环绕纤维的方向上通常只有一或两个几乎不相叠盖的细胞围绕纤维。美利奴羊毛角质细胞的可见长度在 $10\sim 20\mu\text{m}$ 范围内,平均可见长度约为 $12\sim 15\mu\text{m}$ 。不同品种的羊毛其角质细胞的排列图形差异甚大,而且在一定的程度上与纤维的直径有关。较粗硬的毛有较多的角质细胞围绕在纤维的周围,细胞的倾斜度较大,而且细胞的纵向叠盖长度与占细胞长度的比例也较大<sup>[3,4]</sup>。例如,人发的角质层厚度为 $8\sim 10$ 个细胞。

皮质细胞呈纺锤形,长约 $0.5\mu\text{m}$ ,粗约 $5\mu\text{m}$ 。霍里奥(Horio)和康陀(Kondo)1953年发现,美利奴羊毛纤维



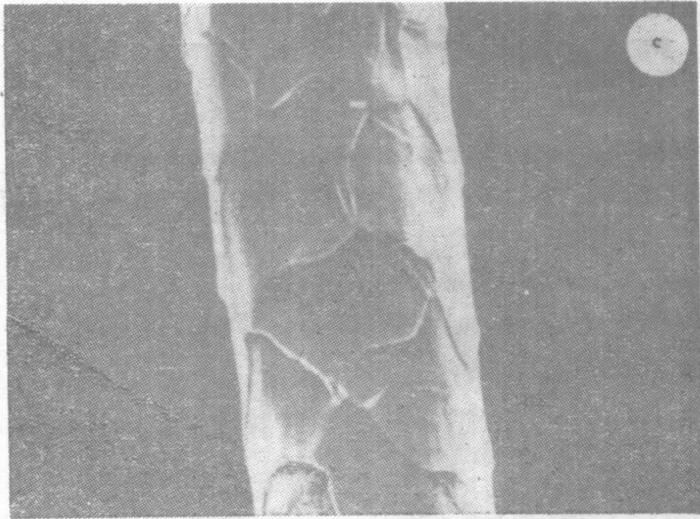
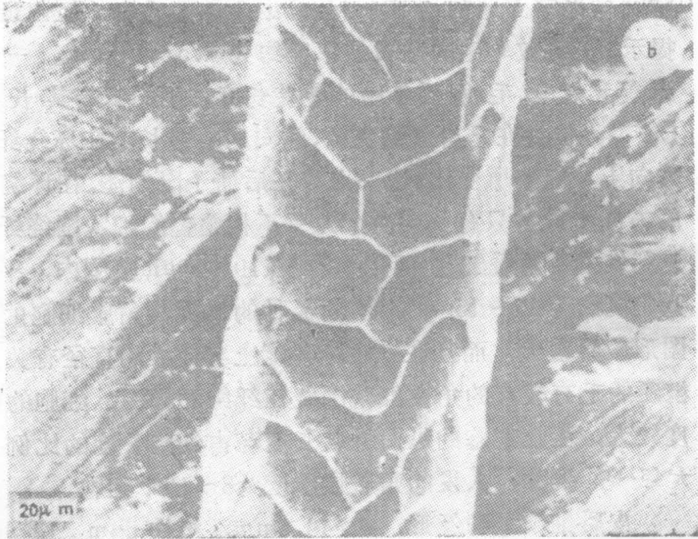


图1.2 羊毛纤维的扫描电子显微镜照片×800

(a) 美利奴羊毛 (b) 考力代羊毛 (c) 林肯羊毛

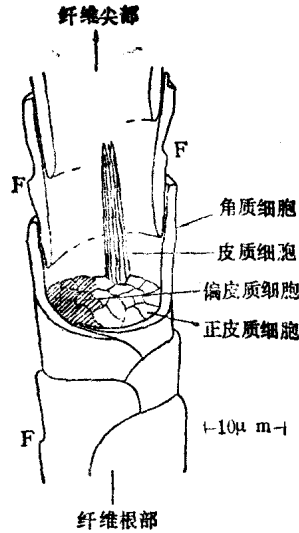


图1.3 羊毛纤维的组织学结构图解〔2〕

的皮质层呈双侧结构，位于纤维两侧的细胞在某些方面存在差异。这种差异性已为许多后来的学者所证实，并对此作了详细的研究〔7、8〕。细支羊毛纤维具有高度卷曲，其卷曲度高达10卷曲/1cm，位于每个天然卷曲弧内侧的皮质细胞为偏皮质细胞，而位于天然卷曲弧外侧的皮质细胞则称为正皮质细胞。偏皮质细胞含有较多的二硫键联结成稳定的交联结构，它的化学抵抗性能比正皮质细胞强。两者在亚微观组织上也有不同之处。

## 第二节 鳞片

从图1.2和1.3可以看出，依次叠盖的角质细胞构成一种



鳞片状结构，象是许多鱼和爬行动物躯体上所见的鳞片结构的缩影。每个鳞片的尖端面指向毛纤维的尖端。对于这种由角质细胞的叠盖所形成的鳞片可见部分的描述，尽管长期以来为人们所推崇，却并不完全正确。许多学者已经指出：在“真”鳞片边缘，即鳞片细胞的端部边缘之间还存在“假”鳞片边缘（图1.3中的F）；美利奴羊毛的“假”鳞片边缘，约占总鳞片边缘数的 $1/4 \sim 1/2$ 。用电子显微镜观察纤维的纵剖面<sup>[9~12]</sup>，用光学显微镜和电子显微镜观察被分离的角质细胞<sup>[13]</sup>，用光学显微镜观察纤维的整体<sup>[14]</sup>以及通过阿尔瓦顿（Allworden）反应<sup>[13,15]</sup>都已确证“假”鳞片边缘的存在。关于阿尔瓦顿反应将在本章另行阐述。图1.4系“假”鳞片边缘的电子显微镜复制照片。现在这种“假”鳞片边缘或称为“鳞肩”被认为和“真鳞片”边缘一样都是毛纤维在毛囊中生长过程中，在活性蛋白质转化为角朊而硬化之前，受毛囊的齿形内部根鞘的塑造作用所产生的<sup>[9,13]</sup>。在所有角朊类细纤维中，鳞片边缘数都超过其角质细胞数（粗发毛除外），而且纤维越细则相差越多。例如，在鸭嘴兽毛皮纤维尖部的每个鳞片细胞上平均有10个，甚至多达16个鳞片边缘。这些观察表明，这种“造型”过程并不主要取决于细胞结构本身，因为尽管业已发表的一些观察报告指出，在每个细胞的端头或在接近其端头处都有一个鳞片边缘，因此看来在这两种周期之间似乎存在某种同步性，但反之则不然。一些最近的研究表明，64S美利奴羊毛纤维上有10~20%的细胞端头并没有鳞片边缘<sup>[107]</sup>。在一些较粗的纤维中则具有如前述人发中所示的多层型角质层，其鳞片边缘和角质细胞的边缘总是相一致的。就美利奴羊毛纤维的直径和鳞片结构而言，两者在角朊纤维中均处于适中的地位。本书作者最