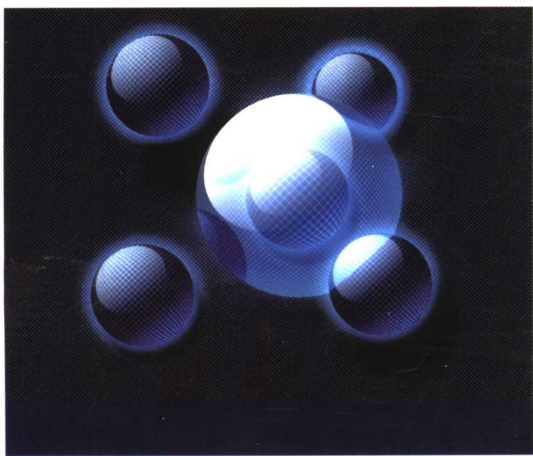


李显波 主编

防水透湿织物 生产技术



Chemical Industry Press



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

防水透湿织物生产技术

李显波 主编



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

· 北 京 ·

防水透湿纺织品是新型高档面料中较重要的一类,近年来发展迅速,广受欢迎。同时,由于其较高的附加值受到各面料生产厂家的重视,新产品、新技术不断面世。

本书主要介绍了织物的防水透湿机理,防水透湿高密织物、防水透湿涂层织物、防水透湿层压织物的结构特点和性能、生产工艺技术和设备,防水透湿织物的性能测试方法及应用。

本书可供从事功能复合织物产品生产技术人员、科研工作者阅读,同时也可作为大专院校纺织专业的教材。

图书在版编目(CIP)数据

防水透湿织物生产技术/李显波主编. —北京:化学工业出版社, 2006.5
ISBN 7-5025-8718-7

I. 防… II. 李… III. 吸湿性-织物-纺织工艺
IV. TS105

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 051836 号

防水透湿织物生产技术

李显波 主编

责任编辑:邢涛

文字编辑:徐雪华

责任校对:于志岩

封面设计:张辉

*

化学工业出版社 出版发行

材料科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

购书咨询:(010)64982530

(010)64918013

购书传真:(010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 7 $\frac{1}{2}$ 字数 172 千字

2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8718-7

定 价: 25.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

前 言

随着科学技术的发展，当今纺织品产品品种繁多，日新月异。21 世纪的服装正向着穿着舒适化、功能化及回归自然等方向发展。多功能复合整理迎合了这种发展趋势，它不仅可以克服纺织品本身的缺点，还可以赋予纺织品更多的功能性。防水透湿织物就是其中之一。

防水透湿织物是指织物既能防雨、防风，又能排汗、透气、穿着舒适，在穿着过程中使水在一定压力下不浸透织物，而人体散发的汗液等却能以水蒸气的形式通过织物或传导到外界，不在人体表面与织物之间冷凝积聚，保持穿着者干爽、温暖。本书以防水、透湿机理为基础，着重探讨了防水透湿高密度织物、防水透湿涂层织物、防水透湿层压织物的生产工艺技术。织物涂层/层压技术给纺织业制造功能性织物提供了更多的可能性，拓宽了纺织品的用途及应用领域。

本书由李显波主编，编写人员还有韩光亭、李涛、刘永红。在编写过程中作者参阅了多种书籍和资料，在此对这些书籍和资料的编著者表示诚挚谢意。在编写过程中，我们也得到了许多领导、同事和同行的帮助，并承蒙化学工业出版社给予大力支持和鼓励，在此表示衷心感谢。由于编写人员水平有限，难免存在不足之处，欢迎读者批评指正。

编者

2006 年 2 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 防水透湿纺织品	1
一、防水透湿纺织品的含义	1
二、防水透湿织物的分类	3
三、防水透湿织物的结构	5
第二节 防水透湿织物的发展	7
一、第一类——防水透湿高密度织物	8
二、第二类——防水透湿涂层织物	10
三、第三类——防水透湿层压织物	12
第三节 国内防水透湿织物的发展	15
第二章 防水透湿理论	19
第一节 防水理论	19
一、润湿	19
二、接触角	22
三、临界表面张力	24
四、防水透湿织物的防水机理	27
第二节 透湿理论	32
一、服装微气候	32
二、织物热传递舒适性	39
三、织物的湿传递舒适性	41
四、防水透湿织物的透湿机理	49

第三章 防水透湿高密织物生产技术	57
第一节 概述	57
第二节 高密织物纤维	58
一、棉纤维	58
二、超细纤维	60
第三节 高密织物结构设计	61
一、高密织物结构设计的思路	61
二、织物结构设计	62
第四节 高密织物织造工艺	64
一、络筒	64
二、浆纱	65
三、织造工艺	67
四、超细纤维织物的染整工艺	67
第五节 高密织物防水透湿整理	69
一、防水浸轧烘焙工艺	69
二、防水整理剂的共同特性	71
三、防水整理剂特性及工艺	72
四、防水剂产品特性介绍	87
第四章 防水透湿涂层织物生产技术	91
第一节 概述	91
一、涂层织物加工的发展过程	91
二、涂层整理技术特点	93
第二节 防水透湿涂层剂	94
一、涂层剂的特性	95
二、涂层剂的种类	96
三、聚丙烯酸酯涂层剂 (polyacrylate, 简称 PA)	101
四、聚氨酯涂层剂 (polyurethane, 简称 PU)	105

第三节 涂层机构及方式	120
一、刮刀涂层法	121
二、辊式涂层法	124
三、圆网式涂层法	126
第四节 涂层工艺	128
一、干法直接涂层工艺	128
二、转移涂层工艺	133
三、湿法涂层工艺	139
四、泡沫涂层工艺	151
第五章 防水透湿层压织物生产技术	155
第一节 概述	155
一、层压织物加工的发展过程	155
二、层压复合工艺的特点	156
三、层压织物结构	157
第二节 防水透湿高聚物薄膜	160
一、防水透湿薄膜的类型	161
二、防水透湿薄膜的基本性能	163
第三节 防水透湿薄膜的生产	172
一、PTFE 防水透湿薄膜的生产工艺	172
二、热塑性聚氨酯薄膜的生产	174
第四节 防水透湿织物的层压复合技术	179
一、织物与薄膜界面结合	179
二、热熔层压复合技术	181
三、热熔层压复合技术	183
四、黏合剂层压复合技术	185
第六章 防水透湿织物的性能测试及应用	195
第一节 防水性测试	195

一、防水性测试的方法	196
二、防水性测试仪	200
第二节 透湿性测试	208
一、透湿杯法	208
二、皮肤模型法	214
第三节 防风性测试	219
一、织物透气性测试仪	219
二、防钻绒性测试方法	220
第四节 保暖性测试	221
一、保暖性指标	221
二、保暖性测试方法	223
三、平板恒温织物保暖仪	224
第五节 防水透湿织物的应用	225
一、防水透湿纺织品用途概况	225
二、防水透湿织物效能比较	227
三、防水透湿织物产品应用	229
参考文献	235

第一章 绪 论

第一节 防水透湿纺织品

随着科学技术的发展、社会的进步及生活水平的提高，人们对生活质量的要求越来越高。纺织品已经从遮体御寒的基本功能延伸到美观、舒适、时尚、保护等功能，人们的消费理念也逐步从实用向保健、环保、多功能等生态理念发展，各种智能化、功能化纺织品得到广泛关注与发展。防水透湿纺织品就是人们一直追求的时尚、舒适型纺织品，一般纺织品（如机织物、针织物、非织造物）制成后，织物在防水、透湿、透气等方面的物理性能往往达不到要求。因此，对传统的纺织品进行防水透湿功能的整理是人们一直以来的向往，是现代社会生活的需要，而目前的技术已完全能够实现这一需要。

一、防水透湿纺织品的含义

防水透湿纺织品从字面上讲具有两个方面的功能，既具有防水的功能又同时具有排汗、透气、透湿的功能。具体含义可概括为：纺织品防水性能是指该织物具有阻止外部环境的雨水和雪水从外渗透到织物内部的能力；纺织品透湿性能是指该织物具有把人体散发的汗液以水蒸气的形式透过织物，向周围环境散逸的能力。因此，外部的雨水和雪水不能渗透到织物内，而内部的汗液又能透过服装面料迅速传递蒸发到外部，从而使

人体与服装间的微小气候得到调节，保持穿着者干爽和温暖。

防水透湿纺织品也称防水透气织物，在国外又称为“可呼吸织物”。这种织物不仅能满足严寒雨雪、大风天气等恶劣环境中人们活动时的穿着需要，如冬季服装、登山服、防护服等，也适用于人们日常生活对休闲服、运动服、雨衣、帐篷等的需要，这种集防水、透湿、防风 and 保暖性能于一体的、独具特色的织物具有广泛的发展前景。

纺织品为多孔质材料，织物中有许多孔洞和缝隙。其孔洞和缝隙是由纤维内空腔、纱线内纤维间的缝隙孔洞、织物中纱线间缝隙孔洞等组成的。孔洞和缝隙的尺寸比较大，大于水分子的直径，并且织物具有芯吸性，所以不能阻止水的渗透。故如要达到防水透湿的效果则需对织物进行防水或拒水的整理。

阻止水渗透到织物有两种整理概念：拒水整理和防水整理。所谓拒水整理是指选用适当的整理剂作用于织物，改善织物的表面性能，使织物的表面张力低于水的表面张力，从而使水在织物上呈球状而不易透入织物中，具有透气而拒水性能的整理加工方法。拒水织物可以允许气态的水通过，静态条件下不允许液态水渗透，实际就是织物不允许被水湿润，要求织物应具有很低的表面能。所用的整理剂称为拒水剂，拒水剂习惯上又叫防水剂。

所谓防水整理是利用物理方法和化学方法在织物表面涂上一层不透水的连续高聚物薄膜，或将一层不透水的连续薄膜通过黏合剂与织物黏合层压在一起，使织物空隙减小或堵塞，因而水和空气都不能通过的整理加工方法。从防水织物的组成与结构角度看，防水整理的织物中由于存在着亲水性基团，或者存在着比水滴尺寸小又比气态水分子大很多的微孔或微孔薄膜，且受风的方向及孔径呈弯曲排列的影响，因而具有阻止液

态水透过织物进入内部和能透过气态水分子的能力，还具有防风保暖性。

形成一层不透水或防水的连续高聚物薄膜的方法目前主要有两种：涂层整理和层压整理。涂层整理，就是在织物表面均匀地涂上一层能形成膜的高聚物等物质，使织物具备多功能的表面整理技术，产品的多功能性体现在防水、防风、防寒、透气、透湿、保暖等方面。纺织品用涂层法进行防水加工使用的整理剂具有防水透湿性，称为涂层整理剂。层压整理，就是将一层或多层织物与薄膜通过黏合剂黏结在一起，形成兼有多种功能的复合织物的整理技术。层压复合织物中的薄膜也具有防水透湿性。

拒水和防水的主要差异在于前者在水压较大的情况下，拒水整理的织物会发生透水现象，所以只进行拒水整理的织物无很高的防水性，但优越的手感、良好的透湿性，使其在市场上仍占有一席之地。随着织物性能要求的不断提高，防水透湿整理剂、整理工艺、防水透湿薄膜的研发及应用，织物的拒水剂整理已经同涂层整理、层压整理有机地结合在一起，所以本文不细分拒水织物和防水织物，将两种织物统称为防水透湿织物。

二、防水透湿织物的分类

根据工业化生产技术的差异，防水透湿织物可分为高密度织物、涂层织物和层压织物三种类型，这也是目前最常用的分类方法。

1. 高密度织物

采用细棉纤维（长绒棉）或超细合成纤维长丝织成高密织物，使这类织物纱线间隙小到不允许水滴通过。当低特（高

支) 纯棉纱遇水膨胀, 会使纱线间隙变得更小, 这样水分就不会再继续进入织物的内层, 从而使织物具有防水的功能, 同时由于棉纤维的亲水性, 所以具备了透湿的功能。对以合成超细纤维长丝为原料的高密织物, 通常是高织物密度结合高收缩工艺及纤维超细化处理制成的织物, 表面具有类似荷叶的凹凸结构。织物若再经过拒水整理剂的处理, 其表面便会覆盖着一层表面张力小的物质, 水分就不会进入织物的内部, 而在其表面形成水珠, 所以超细纤维制成的高密织物, 再经防水加工, 织物既可防水, 还能透湿、透气。

这类织物的特点是具有优良的透湿性、悬垂性和较好的手感, 但防水性差, 其耐水压值一般不超过 $1\text{mH}_2\text{O}$ (9806.65Pa), 织物的撕破强力低, 耐折边摩擦性也较差。由于织物密度相当大, 纺纱必须采用特殊工艺处理, 织布时断头多, 次品率高, 一般染整加工较困难。

2. 涂层织物

采用干法直接涂层、转移涂层、泡沫涂层、相位倒置或湿法涂层(凝固涂层)等工艺技术, 将各种各样具有防水、透湿功能的涂层剂涂敷在织物的表面上, 使织物表面孔隙被涂层剂封闭或减小到一定程度, 从而得到防水性。涂层织物可分为亲水涂层和微孔涂层织物两种。涂层剂包括氯丁橡胶、聚氯乙烯、聚丙烯酸酯、聚氨酯、有机硅橡胶、聚四氟乙烯、聚偏氟乙烯等。织物透湿性则通过涂层上经特殊方法形成的微孔结构或涂层剂中的亲水基团与水分子作用, 借助氢键和其他分子间力, 在高湿度一侧吸附水分子, 后传递到低湿度一侧解吸的作用来获得。

涂层织物的品种很多, 其防水透湿性能因不同涂层原料和工艺而有较大的差别。最初应用于防水透气织物的高聚物有聚

氯乙烯、聚乙烯、氯丁橡胶等，由于其透湿气性能差，穿着此类服装活动时，大量汗液无法以水蒸气形式排出，在服装内部形成冷凝水，人体有黏湿、发闷等不舒适感，虽然有好的防水性能，但穿着性能有待于进一步提高。目前采用溶剂型聚氨酯、水乳型聚氨酯及其改性聚氨酯的复合的涂层织物具有良好的透湿气性能，已成为发展的热点。

3. 层压织物

层压织物是将具有防水透湿功能的微孔薄膜或亲水性无孔薄膜或上述两种薄膜的复合膜，采用特殊的黏合剂，与织物（机织物、针织物、无纺布及其功能织物）通过层压工艺复合在一起形成防水透湿层压织物。层压时可以是两层织物或多层织物。薄膜品种包括聚四氟乙烯微孔薄膜（PTFE）、亲水性聚氨酯无孔薄膜或微孔薄膜、亲水性聚酯聚醚共聚无孔薄膜等。层压织物不仅性能突出，而且在工艺技术上也具有选材范围广、设计灵活、污染少等优点。目前层压织物在防水透湿织物市场上占有率最高。其中 1971 年由美国 W. L. Gore 公司生产的具有划时代意义的聚四氟乙烯微孔薄膜与织物层压后形成的商品名为 Gore-Tex 的防水透湿织物，是防水透湿织物开发过程中重要的里程碑。其透湿量大，耐水压高，综合性能好。另一类热塑性聚氨酯无孔薄膜与织物的层压复合织物也是防水透湿织物的代表产品，它的研究开发异常活跃，在国内外出现了许多品牌产品。

三、防水透湿织物的结构

从织物的横截面来看，防水透湿织物由两个或多个部分层组成的。总体上讲，防水透湿织物是由防水层和织物层组成的。其具体结构取决于织物的应用场合和生产的工艺及设备。

高密度防水透湿织物一般是选用适当的防水整理剂作用于高密度机织物的表面，从而改善织物的表面性能。其整理工艺为浸轧焙烘，也就是织物面料先浸入防水整理液中，然后用轧辊去除织物中的空气，这样织物的两面都附着有低表面能的整理剂，织物的两面都具备了防水的功效，所以高密度织物结构可认为是防水层+织物层+防水层的三层结构。

涂层防水透湿织物一般是利用涂层整理设备，选用适当的涂层整理剂在织物的一个表面上涂上一层不透水而具有一定透湿性的连续薄膜而得到的，所以涂层防水透湿织物常见的结构由两部分构成：防水层+织物层的双层结构。另外涂层复合织物也有三层结构的，即利用涂层整理剂的黏合力将两层织物黏合在一起，涂层整理剂层夹在两层织物之间。

层压防水透湿织物一般是由面料和里料织物层、防水透湿高聚物薄膜层及将织物层和薄膜层连接在一起的黏合剂层组成的，即将微孔薄膜像三明治一样夹在两层纺织材料之间。层压织物可以根据最终用途的需要采取不同的结构设计和复合层数。两层复合可以是面料与薄膜复合，采用活里结构；也可以是里料与薄膜复合，采用活面结构，这样易于洗涤，适用于民用运动服和防寒服；三层复合是将面料、薄膜与里料复合在一起，虽然手感稍硬，但可提高耐磨性，适用于部队作战服和劳动防护服；四层或多层复合可增加层压织物的功能性，如气体阻力层或液气阻力层的防毒材料、絮片、远红外棉保暖材料等。

另外，涂层防水透湿复合织物的织物层和层压防水透湿复合织物的外层面料在涂层或层压之前，织物一般多要先进行防水整理剂的处理。其目的是起到一定的拒水作用，防止涂层时产生芯吸效应，保证涂浆表面结膜良好。复合织物的面料和里

料应具有一定的密度，以防止涂层剂或黏合剂发生渗胶现象。

由于防水透湿织物多数为涂层或层压结构，水分不能从表面渗透，所以防水透湿织物与普通织物最显著的不同在于有无防水层，水蒸气转移通过防水透湿织物的机理也主要取决于防水层的性能和结构。防水层的属性有三类：亲水性，如高密织物和亲水性膜；疏水性，如聚四氟乙烯微孔薄膜和聚氨酯微孔薄膜；双组分，如复合涂层/层压织物，由亲水层涂层在微孔膜上。

防水透湿织物的结构取决于织物的用途和防水透湿性能要求。根据织物的性能和用途可分为低防水、高透湿型织物，高防水、低透湿型织物，中防水、中透湿型织物三类。第一类可采用高密度防水透湿织物和涂层/层压膜很薄的织物；第二、三类主要采用涂层、层压复合织物，具有防水功能，任何雨雪环境不会漏水，其涂层或层压膜很厚，织物表面经拒水整理。

第二节 防水透湿织物的发展

人们很早就向往织物能同时具备防水、透湿、透水、防风及保暖的功能，这种从表面上看，功能要求似乎是矛盾的纺织品，经过五十多年的不断开发，特别是在最近二十多年来，已进入寻常百姓生活。其应用范围除主要的高性能职业服、运动服和便服外，在医药和保健、特殊用途用品等方面（如防护服）也获得了长足开拓。

防水透湿织物的渊源，从仿生学的角度考虑，可以追溯到几千年前我国古代。我国劳动人民早在周代就开始使用的雨衣——“蓑衣”。“蓑衣”是用莎草编织成的，莎草本身呈空心状，表皮较光滑，雨水不易渗透，所以“蓑衣”具有很好的防

水透湿性，被誉为具有真正防水透湿、可呼吸的织物。防水透湿织物开发历程简况如下。

一、第一类——防水透湿高密度织物

最早实现具有防水透湿功能的织物是著名的文泰尔 (Ventile) 防雨布，它的出现标志着防水透湿织物正式走向市场。文泰尔防雨织物于 1940 年由英国锡莱 (Shirley) 研究所设计，主要供部队使用。其防水透湿功能的原理是织物采用埃及长绒棉的低特 (高支) 低捻度纯棉纱织成的高密重平纹组织织物；当织物处于正常的干燥状态时，经纬纱之间的微孔比较大，宽约 $10\mu\text{m}$ ，能提供高度透湿的结构；高密文泰尔防雨布一旦受湿润湿后，棉纤维截面积膨胀，迫使织物中纤维间的孔隙缩小到 $3\sim 4\mu\text{m}$ ，以致需要极高的压力才能使水渗透。由于它的防水性与透湿性之间的平衡受到棉纱膨胀的影响，所以纯棉纱高密重平纹组织织物如果不进行织物表面的防水整理很难满足更高的要求。

改善织物防水性最初的方法是通过化学整理于织物的表面赋予其防水性。到 19 世纪，出现了铝皂和石蜡乳液作防水剂的织物整理两浴工艺，它具有很好的拒水性，但水洗或干洗之后，很易除去。20 世纪 30 年代出现了具有反应性官能团的长碳链防水剂，如著名的 Velan PF，整理后的纺织品可获得耐久性的防水效果。20 世纪 50 年代，改进了的防水剂相继问世，如 Phobotex FT、FTS 等，但这些防水剂结构均为脂肪烃类，防水效果较差。

防水效果较好的有机硅防水剂的出现是一个重要发展，最早的专利出现在 1947 年和 1948 年。美国道康宁公司最早将含氢有机硅聚合物作织物防水剂的主要成分，用于织物防水整

理。1976 年又推出了具有耐久性拒水效果的商品 DC-1111。有机硅聚合物防水剂在合成纤维织物，特别是长丝高密织物上的耐水洗性较好，但在棉织物的防水整理上耐水洗性差。

在纺织品防水加工中，氟烷基化合物的使用是在 20 世纪 50 年代。美国 3M 公司首先合成了含氟烷基丙烯酸酯共聚物，并用于织物防水拒油整理，推出的商品为 Scotch-gard，而后杜邦的 Tedflon、旭硝子的 Asdhigard、大金工业株式会社的 Unidyne 等相继问世。这些含氟拒水剂具有拒水性、拒油性，而且不损害纤维原有的风格，因此得到迅速普及推广，成为当今防水剂的主流。由于合成等原因，有机氟聚合物价格较高，因而人们对有机氟聚合物与其他防水剂拼用进行了很多研究。如著名的夸佩尔 (Quarapel) 整理即为有机氟聚合物与脂肪酸酰胺类防水剂等拼混，其防水效果良好，有一定的防水性。

20 世纪 80 年代以来，美国、日本、德国、荷兰等国家不断报道用含氢有机硅油或改性有机硅油作防水剂，或作兼有防水、防静电、防污染及柔软抗皱的多功能整理剂。尤其是以氨基改性硅油及氨基改性氟代硅油作织物整理剂，赋予织物高度耐久的防水性。

随着现代纺丝技术的发展，研究开发了许多功能性纤维，发明了超细纤维。20 世纪 80 年代后期，随着超细纤维的迅速发展，各种用它制作的超高密织物大量涌现。日本钟纺公司用分离型纤维（约 1dtex）经过高收缩制成了超高密织物，其密度为普通织物的 20 倍，耐水压可达 6kPa (614mm H₂O) 以上，透湿量达 7000g/(m² · 24h)，透气量为 0.5mL/(cm² · s)。还有日本帝人公司开发的“Microfuto Rekutasu”织物具有类似荷叶的结构，它是利用超细纤维、防水整理而获得的高密织物，作为雨衣或其他防水织物，既轻便、水性又好。此外