

纺织新技术书库 35

防水透湿
层压织物
生产原理与
技术

织物防水透湿原理与 层压织物生产技术

张建春 黄机质 郝新敏 ©编著



中国纺织出版社

策划编辑：曹炳毓
责任编辑：黄崇芬
封面设计：李 强



作者简介

张建春，男，1958年生，山西省芮城县人，材料学工学博士。现任中国人民解放军总后勤部军需装备研究所士兵系统研究中心主任，总后勤部科技金星，上海东华大学兼职教授、博士生导师，军内外12所大学客座教授，美国Texas州立大学访问教授，美国纺织化学家与染色家协会高级会员。长期从事功能纺织材料和特种防护服装的研究与开发，曾获国家科技进步一等奖1项，二等奖2项，军队科技进步一等奖6项，二等奖6项，出版专著5部，发表学术论文100余篇，获国家专利30余项。

ISBN 7-5064-2583-1



9 787506 425834 >

定价：30.00 元

纺织新技术书库⑤

Fang Shui Tou Shi
织物防水透湿原理与
层压织物生产技术

张建春 黄机质 郝新敏 编著



中国纺织出版社

内 容 提 要

防水透湿层压织物是集防水、透湿、防风、保暖于一体的高性能纺织品。本书系统论述了防水透湿织物的发展状况,服装舒适性的基本要求,层压织物防水透湿的基本原理和防水透湿层压织物产品及核生化防护服的开发等。重点介绍了聚四氟乙烯微孔薄膜的结构和性能、制膜工艺和设备、织物与薄膜粘合原理和粘合剂选择、层压织物复合工艺和复合设备等,并介绍了评价防水透湿织物性能的测试方法和产品标准。

本书适用于从事层压织物研发的纺织技术人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

织物防水透湿原理与层压织物生产技术/张建春,黄机质,郝新敏编著. —北京:中国纺织出版社,2003.5

(纺织新技术书库③)

ISBN 7-5064-2583-1/TS·1660

I. 织… II. ①张… ②黄… ③郝… III. ①层叠-织物-吸湿性 ②层叠织物-纺织工艺 IV. TS176

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 017014 号

策划编辑:曹炳楠 责任编辑:黄崇芬 责任校对:楼旭红
责任设计:李 然 责任印制:初全贵

中国纺织出版社出版发行

地址:北京东直门南大街6号 邮政编码:100027

电话:010-64160816 传真:010-64168226

<http://www.c-textilep.com>

E-mail:faxing@c-textilep.com

中国纺织出版社印刷厂印刷 各地新华书店经销

2003年5月第一版第一次印刷

开本:880×1230 1/32 印张:12.375

字数:310千字 印数:1—3000 定价:30.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社市场营销部调换

序

防水透湿织物,又称“可呼吸织物”,是纺织业多年来孜孜以求的集防水、透湿、防风、保暖于一体的高科技产品,它既能抵御雨雪和寒风的入侵,又能让人体的汗气及时排除,保持干爽和温暖。多年以来,人们一直在努力研制一种类似天然皮革那种具有优良的防水性、透湿性和防风性的材料。1969年美国科学家 R. W. Gore 率先采用聚四氟乙烯树脂为原料,经多道加工和双向拉伸,形成原纤维状的微孔结构薄膜,膜厚约 $25\mu\text{m}$,开孔率高达 82%,每平方英寸约有 90 亿个微孔,平均孔径为 $0.14\mu\text{m}$,孔径比蒸汽分子大 700 多倍,汗汽可以通过,孔径又比水滴小约 5000 ~ 20000 倍,液态水不能透过。目前国外已在研究采用这种可选择性渗透膜制作核生化防护服。

本书作者中的张建春同志从 20 世纪 70 年代即开始了防水透湿涂层织物的研究,80 年代后期,进行聚四氟乙烯微孔薄膜防水透湿层压织物的研究与开发。经过多年的努力,研制成功了年产 300 万米的聚四氟乙烯微孔薄膜双向拉伸制膜设备和层压织物复合设备。该成果 2000 年获军队科技进步一等奖,

2001年获国家科技进步二等奖,并取得4项国家专利。在理论研究的基础上,从工艺技术、生产设备等方面实现了国产化配套,对缩小我国与发达国家在服装防护材料方面的差距具有重要意义。

本书是作者多年来理论研究成果和实践经验的总结,并对这一领域的现状、水平和发展趋势进行了论述。本书的出版为从事防水透湿织物以及膜技术研究开发的生产技术人员提供了可供参考的重要资料,对促进防水透湿材料的发展将起到一定的作用。

四川 大 学

上海 交 通 大 学

中 国 科 学 院 院 士

教 授

徐 伟

2002年9月于成都

目 录

第一章 绪论	1
一、防水透湿织物的基本类型	2
(一)按织物用途分	2
(二)按织物性能分	2
(三)按防水透湿原理分	3
(四)按加工方法分	4
二、防水透湿织物的发展	5
(一)织物防水透湿技术起步阶段	6
(二)防水透湿技术突破阶段	10
(三)防水透湿技术全面发展阶段	14
三、防水透湿织物的最新研究	15
(一)智能防水透湿材料	15
(二)调温功能聚氨酯	16
(三)无污染聚氨酯	17
(四)多功能聚氨酯涂层	17
(五)防水透湿膨胀纤维织物	18
四、国内防水透湿织物的发展概况	19
五、防水透湿织物的发展前景	21

第二章 服装功能与舒适性的基本要求	23
一、服装的热湿舒适性	24
(一)人体生理调节	24
(二)人与气候环境	28
(三)服装微气候	30
(四)服装热湿传递性能与舒适性	32
二、服装的变形舒适性	42
(一)人体运动与皮肤变形特点	42
(二)服装压力	43
(三)服装重量	45
(四)服装宽松量	45
(五)服装摩擦阻力	46
(六)织物弹性	47
第三章 防水透湿薄膜的结构与性能	49
一、薄膜及其分类	49
二、防水透湿薄膜的基本类型	51
(一)微孔薄膜	51
(二)单组分薄膜	52
(三)双组分薄膜	53
三、PTFE 微孔薄膜的基本性能	53
四、PTFE 微孔薄膜的形态结构	54
五、PTFE 微孔薄膜的防水透湿机理	58
(一)PTFE 微孔薄膜的防水机理	59
(二)PTFE 微孔薄膜透湿机理	61

六、影响 PTFE 微孔薄膜防水透湿性的因素	64
(一)影响 PTFE 微孔薄膜透湿性的因素	64
(二)影响 PTFE 微孔薄膜耐水压的因素	69
七、单组分薄膜的基本性能	71
(一)单组分薄膜的防水透湿机理	71
(二)Sympatex 薄膜的基本性能	73
(三)Porelle 膜织物	75
(四)优泰克(Qualitex)薄膜的基本性能	75
(五)聚偏氟乙烯薄膜的基本性能	77
第四章 层压织物防水透湿的基本原理	79
一、织物的孔隙结构	79
(一)孔隙结构的分类	80
(二)孔隙结构的基本特征	80
(三)孔隙结构的具体形态	81
(四)织物中各层次的孔隙率	85
(五)织物中透湿孔洞的描述指标	86
二、织物透湿原理	93
(一)服装透湿的途径	93
(二)织物的湿传导理论	95
(三)影响织物透湿性的因素	101
三、织物防水原理	104

(一)润湿与接触角	106
(二)影响润湿性的因素	108
(三)织物的抗水渗透性	111
四、层压复合织物防水透湿的基本理论	112
(一)层压复合织物的几何结构	112
(二)PTFE 微孔薄膜层压织物防水透湿 机理	114
(三)亲水薄膜层压复合织物的防水透湿 机理	116
(四)影响层压复合织物防水性的因素	116
(五)层压织物实现防水透湿功能的必要 条件	119
第五章 防水透湿层压织物的复合	120
一、织物与薄膜界面的概念	120
二、界面的作用力与粘合强度	121
三、界面粘合理论	122
(一)界面浸润理论	122
(二)扩散理论	125
(三)机械结合(镶嵌)理论	126
(四)化学键理论	126
四、PTFE 微孔膜的表面处理	128
五、复合加工方法	130
(一)湿法复合工艺	131
(二)干法复合工艺	133

(三)干湿结合法复合工艺	140
六、粘合剂	141
(一)PES(醚改性聚酯)901 型热熔胶	142
(二)PU 胶	143
(三)有机硅粘合剂	143
第六章 聚四氟乙烯微孔薄膜的生产	144
一、聚四氟乙烯的性能	144
(一)概述	144
(二)聚四氟乙烯的分子结构特点	146
(三)相对分子质量	147
(四)结晶度	148
(五)化学性能	149
(六)熔体性能	149
(七)润湿和接触角	150
(八)力学性能	150
(九)热学性能	151
(十)电学性能	152
(十一)耐气候性能	153
(十二)耐辐射性能	153
二、PTFE 微孔薄膜的生产工艺	154
(一)原料选择与混合	154
(二)糊膏状挤压	155
(三)压延	158
(四)拉伸工艺	159

(五) 烧结(热定型)	160
(六) 对膜质量的影响因素	161
三、PTFE 微孔薄膜的生产设备	163
(一) 薄膜技术指标	163
(二) 薄膜生产流程	164
(三) 设备要求	164
(四) 基础膜生产设备	164
(五) 扩幅设备	166
(六) 薄膜厚度计算机控制系统	170
(七) 扩幅设备技术指标	176
(八) 扩幅设备特点	177
(九) 空气洁净度	177
四、拉伸工艺条件对微孔薄膜性能的 影响	178
(一) 拉伸温度	178
(二) 拉伸间距	178
(三) 拉伸倍数	178
(四) 热定型	178
 第七章 防水透湿层压织物的生产	180
一、防水透湿层压织物的生产工艺	180
(一) 层压织物选择与结构设计	180
(二) 生产工艺流程	181
(三) 生产工艺要求	182
(四) 织物拒水整理	183

(五)PU 薄膜的复合织物	184
二、防水透湿层压织物的生产设备	185
(一)层压复合设备设计依据	185
(二)层压复合设备组成与结构	186
(三)层压复合设备的基本参数	188
(四)层压复合设备各单元机设计原理及 主要功能	188
三、生产工艺条件对层压织物性能的影响	193
(一)圆网规格	193
(二)复合温度	194
(三)复合压力	195
(四)复合时间	195
第八章 防水透湿织物性能的测试方法	196
一、防水性测试	198
(一)概述	198
(二)静水压测试方法	199
(三)喷淋或喷射测试方法	200
(四)吸水性测试方法	202
(五)静水压测试仪	202
(六)吊水法测试装置	206
(七)沾水测试仪	206
(八)淋雨渗透测试仪	208
(九)冲击渗透试验仪	209
(十)吸水性试验仪	210

二、透湿性测试	210
(一)控制杯法	212
(二)出汗热盘法	223
(三)出汗假人法	228
(四)测试透汽性的其他方法	229
(五)透湿性测试方法的发展趋势	231
三、防风性	232
(一)测试方法	233
(二)标定孔板测试法	233
四、保暖性	236
(一)保暖性的主要指标	237
(二)保暖性测试方法	240

第九章 防水透湿层压织物的特点及产品

开发	244
一、层压织物的特点	244
(一)层压用织物的特点	245
(二)层压用薄膜的特点	245
(三)层压织物的物理性能	248
(四)层压织物缝口的防水措施	251
(五)层压织物的洗涤与保养	253
二、层压织物的应用与产品开发	253
(一)层压织物的基本要求	254
(二)防寒服面料的基本要求	256
(三)防寒服面料的应用与开发	262

(四)雨具用织物	265
(五)防水透湿弹性织物	266
(六)防水透湿阻燃复合织物	267
(七)防水透湿保温织物	268
(八)防水服	268
(九)灭火服	268
(十)轻型帐篷	269
(十一)睡袋	271
(十二)鞋类织物	273
第十章 核生化防护服的开发	275
一、概述	275
(一)防护服装及其分类	275
(二)核生化防护服的发展	279
二、核生化防护服的工作原理	284
(一)渗透型材料	284
(二)半渗透型材料	285
(三)非渗透型材料	286
(四)选择性渗透材料	286
三、PTFE 选择性渗透膜的气体透过试验	289
(一)选择性渗透膜的设计	289
(二)试验目的与条件	289
(三)试验装置	289
(四)试验结论	290
四、电纺纤维薄膜防护材料	290

(一)电纺薄膜的透通性	291
(二)电纺膜的物理性能	300
第十一章 其他防水透湿材料的生产	303
一、超细纤维织物	303
(一)纤维原料	303
(二)织物的组织结构	304
(三)防水整理工艺	304
二、湿法涂层织物	304
(一)湿法涂层原料	306
(二)湿法微孔透湿涂层织物的生产 工艺	306
(三)干式微孔和无孔透湿涂层织物的 加工工艺	312
附录	316
附录一 聚四氟乙烯防水透湿层压织物 企业标准	316
附录二 中华人民共和国公共安全行业 标准	321
附录三 美国军用规范	328
附录四 美国军用规范	349
附录五 服装热阻测试方法	363
参考文献	371

第一章 绪 论

防水透湿织物(Waterproof and Moisture Permeable Fabric)也叫防水透气织物,在国外又称“可呼吸织物”(Waterproof, Windproof, and Breathable Fabric 或 WWB)。它是世界纺织业不断向高档次发展的集防水、透湿、防风 and 保暖性能于一体的、独具特色的织物,这种主要用于功能性服装的织物既能抵御雨水和寒风的入侵,保护肌体;同时又能让人体的汗液、汗气及时排出,从而使人体保持干爽和温暖。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,如冬季军服、登山服、核生化防护服等,也适用于人们日常生活对雨衣、鞋类、帐篷等的要求,具有广阔的发展前景。

从织物功能与舒适性角度看,防水透湿织物是指具有一定压力的水或者具有一定动能的雨水,及各种服装外的雪、露、霜等,不能透过或浸透织物,而人体散发的汗液、汗气能够以水蒸气为主的形式传递到外界,不会积聚或冷凝在体表和织物之间而使人感觉粘湿和闷热,从而实现了织物防水功能与织物热、湿舒适性的统一。

从织物组成与结构角度看,防水透湿织物中或者存在亲水薄膜;或者存在比水滴尺寸小又比气态的水分子大很多的微孔或微孔薄膜,因而具有能阻止液态水,又能透过气态水分子的性能。而微孔或微孔薄膜的孔径尺寸很小,受风方向孔径呈弯曲排列,使冷风不易穿透,因而又具有防风保暖性。