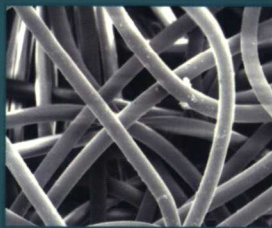
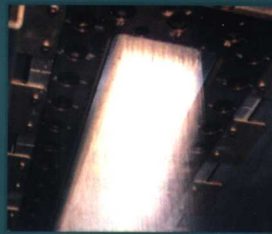




普通高等教育“十五”
国家级规划教材

非织造学

■ 柯勤飞 靳向煜 主编




• NONWOVENS

 东华大学 出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材

非织造学

柯勤飞 靳向煜 主编

 东华大学出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了非织造材料加工工艺及理论、设备机构原理及产品结构性能。全书共分十章,内容不仅涉及非织造原料、非织造各类工艺技术以及相关交叉学科的基本理论,并且引入了诸多新工艺、新产品、新应用领域和非织造发展的新趋势。

本书为高等院校纺织科学与工程学科本科生教材,亦可作为高分子材料与工程专业和从事非织造学科领域的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

非织造学/柯勤飞、靳向煜主编. —上海:东华大学出版社,
2004. 1
ISBN 7-81038-714-6

I. 非... II. ①柯...②靳... III. 非织造材料-高等学校-教材 IV. TS17
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 109361 号

责任编辑 杜亚玲

封面设计 五角形设计

非 织 造 学

柯勤飞 靳向煜 主编

东华大学出版社出版

上海市延安西路 1882 号

邮政编码:200051 电话:(021)62193056

新华书店上海发行所发行 句容市排印厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:21.75 字数:515千字

2004年9月第1版 2004年9月第1次印刷

印数:0001~5000

ISBN 7-81038-714-6/TS·162

定价:34.00元

前 言

.....

为了加快中国教育的国际化进程、促进中国教育的全面发展,教育部在狠抓教育改革的同时,制定了“十五”国家级教材规划。受教育部委托,全国纺织教育学会组织纺织工程、服装设计与工程两个专业教学指导委员会编写了国家级高等教材 18 种,部委级高等规划教材 48 种。

两个专业教学指导委员会根据教育部的专业教学改革方案,组织了具有丰富教学经验和有一定权威的教师编写了国家级和部委级规划教材,供各学校采用。

本套教材自成体系,在编写上有所突破、有所创新,体现了教材的先进性、前瞻性、通用性和实用性,对新一轮教材建设起到了极大的推进作用。

非织造是纺织工业新的工艺技术,它具有许多其它纺织品不可比拟的突出性能,并被广泛应用于人类的衣食住行和各产业领域。新型非织造材料学科与计算机学科、高分子材料学科相结合,综合了纺织、化工、塑料、造纸、印刷等技术,充分利用了现代物理学、化学等学科的有关研究成果。非织造材料的飞速发展,充分体现了构成非织造材料基础的化学纤维、粘合剂及其加工技术的不断创新,同时表现在非织造产品及其市场用途的迅猛拓展。

《非织造学》较全面地介绍了非织造用原料和加工工艺,非织造材料的结构与性能,包括非织造材料成形理论,非织造材料标准与测试,对后整理新技术也作了较为系统的介绍。

参加本书编写的有东华大学的柯勤飞、靳向煜、俞镇慌、吴海波、殷保璞,中原工学院的崔世忠,四川大学的华坚,青岛大学的马建伟等教师。

本书共分十章,具体内容分工如下:

柯勤飞:第 1 章和第 9.1 节

靳向煜:第 5、8 章和第 3.2 节

崔世忠:第 2 章

俞镇慌:第 3.1 节

马建伟:第 4 章

前 言

吴海波:第 6 章和第 9.2~9.3 节

华 坚:第 7 章

殷保璞:第 10 章

全书由柯勤飞、靳向煜负责整体构思和统稿。本书的编写曾得到东华大学教务处领导、非织造研究发展中心的黄健华老师和纺织学院的赵晓慧、张帆、张静峰、辛三法同学的帮助,在此表示谢意。

东华大学郁铭芳院士对本书进行了全面的审阅,并提出了许多宝贵意见,在此谨表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中还存在不少缺点和错误,恳请读者提出宝贵意见。

全国纺织教育学会教材编写出版部

2004 年 5 月 1 日

目 录

第 1 章 绪论(Preface)

- 1.1 非织造基本原理及发展简史 1
- 1.2 非织造材料的定义与分类 6
- 1.3 非织造材料的结构与特点 8
- 1.4 非织造材料及其主要用途 10
- 思考题 16

第 2 章 非织造用纤维原料(Fibers)

- 2.1 纤维在非织造材料中的作用 17
- 2.2 纤维与非织造材料性能的关系 18
- 2.3 纤维选用的原则 23
- 2.4 非织造常用纤维 29
- 思考题 43

第 3 章 短纤维成网工艺和原理(Staple Fiber Web Formation)

- 3.1 干法成网 44
- 3.2 湿法成网 77

思考题 85

第 4 章 针刺加固工艺和原理 (Needle Punching Process)

- 4.1 针刺加固原理 86
- 4.2 针刺机的机构 87
- 4.3 针刺机类型和工艺特点 92
- 4.4 刺针 103
- 4.5 针刺工艺 110
- 思考题 114

第 5 章 水刺加固工艺和原理 (Water Jet Process)

- 5.1 水刺加固原理 115
- 5.2 水刺工艺与设备 117
- 5.3 水刺工艺与产品性能 132
- 思考题 141

第 6 章 热粘合工艺和原理 (Thermal Bonding Process)

- 6.1 热粘合原理与分类 142
- 6.2 热轧粘合工艺 143
- 6.3 热熔粘合工艺 157
- 6.4 超声波粘合工艺 164
- 6.5 热粘合工艺与产品性能 166
- 思考题 176

第 7 章 化学粘合工艺和原理 (Chemical Bonding Process)

- 7.1 粘合剂的种类及其性能 177
- 7.2 常用非织造粘合剂 181
- 7.3 非织造材料的粘合机理 188
- 7.4 纤维的表面性质与界面粘结 193
- 7.5 化学粘合工艺与产品性能 199

7.6 干燥工艺 207

思考题 211

第 8 章 纺丝成网工艺和原理 (Spunlaid Process)

8.1 成纤聚合物熔(溶)体基本性质 214

8.2 聚合物熔融纺丝成网工艺 223

8.3 溶液纺丝成网工艺 259

思考题 265

第 9 章 熔喷工艺 (Melt Blowing Process)

9.1 熔喷聚合物原料及其性能 266

9.2 熔喷工艺与设备 271

9.3 熔喷非织造材料的性能 282

思考题 293

第 10 章 非织造产品与测试 (Nonwoven Products and Testing)

10.1 产品及产品开发的技术路线 294

10.2 非织造产品 295

10.3 非织造材料的后整理 306

10.4 非织造材料测试技术 322

思考题 336

参考文献 337

第 1 章 绪论

(Preface)

非织造材料(Nonwovens)又称非织造布、不织布、非织造织物、无纺织物或无纺布。非织造技术是一门源于纺织,但又超越纺织的材料加工技术。它结合了纺织、造纸、皮革和塑料四大柔性材料加工技术,并充分结合和运用了诸多现代高新技术,如计算机控制、信息技术、高压射流、等离子体、红外、激光技术等,是一门新型的交叉学科。非织造技术正在成为提供新型纤维结构材料的一种必不可少的重要手段,是新兴的材料工业分支,无论在航天航空、环保治理、农业技术、医疗保健还是人们的日常生活等许多领域,非织造新材料都已成为一种愈来愈普遍的重要产品。非织造工业被誉为纺织工业中的“朝阳工业”。

一个国家非织造生产技术的发达程度是该国家纺织工业技术进步的重要标志之一,同时在一定程度上反映了这个国家的整体工业化发展水平。

1.1 非织造基本原理及发展简史

1.1.1 非织造基本原理

不同的非织造工艺技术都具有其相应的工艺原理。但从广义角度上讲,非织造技术的基本原理是一致的,可用其工艺过程来描述,一般可分为以下四个过程:

- 1) 纤维/原料的选择;
- 2) 成网;
- 3) 纤网加固(成形);

4) 后整理。

1. 纤维/原料的选择

纤维/原料的选择基于以下几个方面:成本、可加工性和纤网的最终性能要求。纤维是所有非织造材料的基础。大多数天然纤维和化学纤维都可用于非织造材料。

原料还包括粘合剂和后整理化学试剂。通常,应用粘合剂使纤网中的纤维间相互粘合以得到具有一定强度和完整结构的纤网。但是,一些粘合剂不仅可作为粘合用,在很多情况下,它们同时可以作为后整理试剂,比如用于涂层整理、层合工艺等等。粘合剂分天然类粘合剂和合成类粘合剂。

2. 成网

将纤维形成松散的纤维网结构称为成网。此时所成的纤网强度很低,纤网中纤维可以是短纤也可以是连续长丝,主要取决于成网的工艺方法。成网工艺主要有干法成网、湿法成网和聚合物挤压成网三大类。

3. 纤网加固

纤网形成后,通过相关的工艺方法对纤网所持松散纤维的加固称为纤网加固,它赋予纤网一定的物理机械性能和外观。

4. 后整理与成形

后整理在纤网加固后进行。后整理旨在改善产品的结构和手感,有时也为了改变产品的性能,如透气性、吸收性和防护性。后整理方法可以分为两大类:机械方法和化学方法。机械后处理包括起绉、轧光轧纹、收缩、打孔等。化学后整理包括染色、印花及功能整理等。

经整理后,非织造材料通常在成形机器上转化成最终产品,比如折叠毛巾、婴儿湿抹布。成形过程一般包括以下一个或几个步骤:退卷、分切、折叠、裁剪、缝纫、消毒、浸渍和包装。

1.1.2 非织造材料的发展简史

1. 非织造材料的起源

非织造材料的起源可追溯到几千年前,那时候还没有机织物和编织物,但已经出现了毡制品。古代游牧民族在实践中发现并利用了动物纤维的缩绒性,将动物毛发如羊毛、骆驼毛加水、尿或乳精等通过脚踩、棒打等机械作用使纤维之间互相缠结,来制作毛毡。以现代技术来衡量,这种毡就是最早的非织造材料,今天的短纤维针刺法非织造材料是古代毡制品的延伸和发展。

考古证实,人类早在七千多年前就已养蚕抽丝制帛,用于制作服饰和服装。马端临(公元1254~1323年)撰写的《文献通考》中记载有:宋太祖“开宝七年(公元973年)五月,开封府封丘县民程铎家,发蚕簇,有茧联属自成被”。宋代也曾记载过利用“万蚕同结”制成过长2丈5尺、宽4尺(7.68m×1.23m)的平板茧。清代的《西吴蚕略》则更详细地介绍了这种平板茧的制作方法:“蚕老不登簇,置于平案上,即不成茧,吐丝,满案光明如砥,吴人效其法,以制团扇,胜于纨素,即古之蚕纸也”。从原理上讲,这种天然的平板茧类似于现代的纺丝成网法非织造材料。

公元前二世纪,我们祖先受漂絮的启发发明了大麻造纸。这种漂絮和造纸的技术与现在湿法非织造工艺原理又是非常接近的。

2 非织造学

2. 现代非织造工艺技术发展

现代非织造工艺技术最早出现于 19 世纪 70 年代,1878 年英国的 William Bywater 公司开始制造最早的针刺机,具有向上刺的传动结构,产品宽度很窄。1892 年,有人在美国专利中提出了气流成网机的设计。1930 年,汽车工业开始应用针刺法非织造材料。1942 年,美国某公司生产了几千码化学粘合的纤维材料,命名为“Nonwoven Fabrics”。1951 年,美国研制出熔喷法非织造材料。1959 年,美国和欧洲成功研制出纺丝成网法非织造材料。20 世纪 50 年代末,传统低速造纸机改造成湿法非织造成网机,湿法非织造材料开始生产。20 世纪 70 年代,美国开发出水刺法非织造材料。1972 年,出现了“U”型刺针和花式针刺机构,开始生产花纹起绒地毯。

非织造材料能得到迅速发展,有以下主要原因:

- 1) 传统纺织工艺与设备复杂化,生产成本不断上升,促使人们寻找新技术。
- 2) 石油和化纤工业的迅速发展,为非织造技术的发展提供了丰富的原料,拓宽了产品开发的领域。
- 3) 很多传统纺织品对最终应用场合的针对性差。

现代非织造材料工业的崛起得益于石油化工以及合成纤维的发展。由于新型非织造加工技术以及产品(特别是产业用非织造材料)的需要,采用高科技手段,从聚合物分子结构研究入手,对聚合工艺、聚合物改性以及纺丝工艺与设备进行一系列研究并取得突破性进展,研究开发了一系列适合非织造用的聚合物切片、差别化纤维、功能性纤维。此外,还开发了高性能的有机、无机纤维(芳香族聚酰胺纤维、碳纤维、玻璃纤维、陶瓷纤维、碳化硅纤维、硼纤维等)和金属纤维(微细不锈钢纤维)等。近年来还开发了“绿色”再生纤维素纤维 Lyocell 以及采用生物技术生产的可完全降解的聚乳酸(PLA)纤维等。形形色色的纤维,结合各种非织造加工技术,可生产出性能迥异、丰富多彩的非织造产品,特别是各种高性能的产业用非织造产品。

现代非织造加工技术日臻完善是与高新技术的渗透、应用密切相关的。目前已形成干法成网、湿法成网和聚合物挤压成网三大主要成网工艺;针刺、热熔粘合、化学粘合、水刺等纤网固结加工技术;叠层、复合、模压、超声波或高频焊接等复合加工技术。非织造学科前沿发展趋势主要体现在:

- 1) 在各种非织造设备设计制造中广泛采用计算机辅助设计与辅助制造技术(CAD/CAM)。
- 2) 机电一体化、微电子技术及计算机技术在各种高效、高产、高质非织造生产线中得到广泛应用,如各种可编程控制器(PLC)、变频调速系统,计算机集控技术等。
- 3) 激光、超声波、高频技术在非织造设备、工艺技术及产品复合加工中得到广泛应用。
- 4) 新材料用于非织造设备的关键部件,如碳纤维增强复合材料用于高速针刺机针梁、高速宽幅梳理机回转件,钛铝合金用于针板制造,陶瓷基复合新材料用于喷射压力达 30 MPa 的水刺机高压泵活塞制造等。
- 5) 信息技术用于可编程控制器的远程遥控、故障诊断与排除等。
- 6) 在现代高速、高产、高质非织造生产线的过程控制和在线质量控制中已经广泛应用各种高技术的传感器和智能化软件,使生产过程中具备感知功能、判断功能及处理功能,控制生产过程的工艺参数和非织造材料品质参数,以确保产品质量。
- 7) 非织造加工技术及设备的技术进步还反映在更多地组合应用复合技术,如干法成网与纺丝成网的结合、纺丝成网与熔喷的结合(SMS、SMMS)、干法造纸与梳理成网水刺、纺丝

成网与微孔膜的直接复合技术等。

3. 世界非织造材料工业的发展概况

第一阶段:20世纪40年代初到50年代中期,为非织造工业的萌芽期。设备大多利用现成的纺织设备或进行一些适当的改造,使用的纤维原料以纺织厂下脚纤维、再生纤维等为主,产品以厚型的絮垫类为多。该阶段非织造在整个纺织工业中的地位是微不足道的,仅美国、英国、德国等少数国家有非织造材料的研究和生产。

第二阶段:20世纪50年代末到60年代末,非织造工业从萌芽期向商业化生产转化。1961年全世界非织造材料的产量仅4万吨左右,而60年代末产量迅速增长到20万吨左右,非织造技术以干法为主,湿法为次,并开始大量使用化学纤维。该阶段,非织造作为纺织工业的新分支地位已被确认,非织造材料的研究和生产主要有美国、西欧、日本等地。

第三阶段:20世纪70年代初到80年代末,前后经历了20年,是非织造工业发展的重要时期,主要特征是产量持续增长,非织造技术取得许多突破,非织造材料应用领域迅速扩大。在此期间,聚合物挤压成网法成套生产线诞生,水刺非织造产品的商业化生产获得成功,非织造工艺中开始使用各类特种化纤,如低熔点纤维、热粘合纤维、双组分纤维、超细纤维等。该阶段,非织造不再是从纺织工业中派生出来的新分支的概念,开始成为一个建立在石油化工、化纤工业、塑料化工、精细化工、造纸工业等基础上的新兴产业,非织造材料的新生产技术迅速从美国、欧洲、日本等地扩大至东亚、南美、东南亚等地。

第四阶段:20世纪90年代初至今,全球发展期。非织造企业通过兼并、联合、重组和发展,技术更加先进,设备更加精良,生产能力和产量均得到大幅提升。图1-1所示为世界非织造材料总产量发展情况。图1-2所示为世界部分国家、地区非织造材料年产量的发展情况。

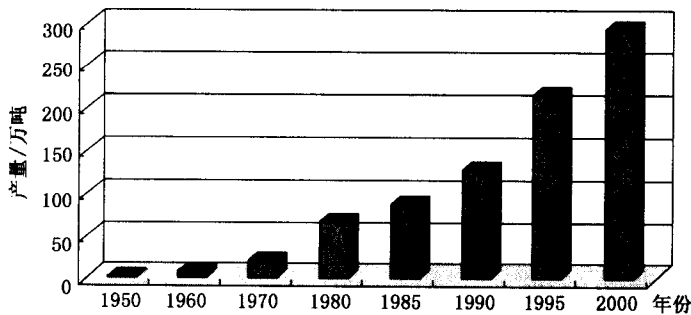


图 1-1 世界非织造材料产量发展情况

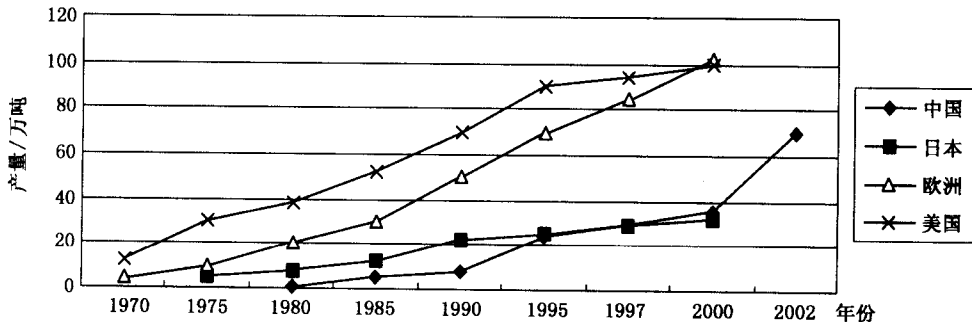


图 1-2 世界部分国家、地区非织造材料产量的发展情况

4. 我国非织造材料工业的发展概况

我国非织造材料研究和生产始于1958年,发展至2001年,生产企业已超过1000家,现有纺丝成网、熔喷、水刺、针刺、热粘合以及化学粘合法等各类非织造专业生产线,2002年非织造材料产量达到70多万吨。中国内地非织造材料产量发展情况如图1-3所示。

中国台湾地区非织造材料发展情况:

1999年产量为12.56万吨,2000年产量为11.19万吨,比上年减少10.92%。近几年,部分生产线迁往中国内地。

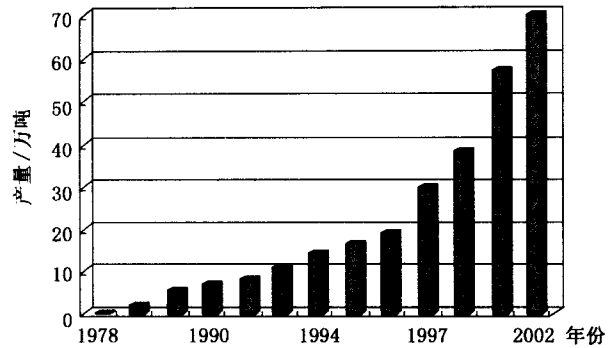


图 1-3 中国内地非织造材料产量发展情况

1.1.3 非织造工艺的技术特点

非织造工艺技术主要有以下特点:

- 1) 多学科交叉,突破传统纺织原理,结合了纺织、化工、塑料、造纸以及现代物理学、化学等学科的知识。
- 2) 工艺流程短,装备智能化,劳动生产率高。
- 3) 生产速度快,产量高,如表1-1所示。
- 4) 可应用纤维范围广。
- 5) 工艺变化多,产品用途广。
- 6) 技术要求高。

表 1-1 机织、针织与各种非织造生产方法的速度对比

生产方法	机 型	相对生产速度
机 织	自动有梭织布机	1
	无梭织布机	10
针 织	纬编大圆机	28
	高速经编机	71
非 织 造	缝编机	90
	针刺机(4 m 工作宽度)	125
	针刺机(特宽幅)	360
	粘合法生产线	600
	热轧法生产线	1 800
	纺丝成网法生产线	200~2 000
	湿法生产线	2 300~10 000
造 纸	高速造纸生产线	40 000~100 000

1.2 非织造材料的定义与分类

1.2.1 非织造材料的定义

1. 我国国标赋予非织造材料的定义(GB/T5709—1997)

定向或随机排列的纤维通过摩擦、抱合或粘合或者这些方法的组合而相互结合制成的片状物、纤网或絮垫。不包括纸、机织物、簇绒织物、带有缝编纱线的缝编织物以及湿法缩绒的毡制品。所用纤维可以是天然纤维或化学纤维;可以是短纤维、长丝或直接形成的纤维状物。

为了区别湿法非织造材料和纸,还规定了在其纤维成分中长径比大于 300 的纤维占全部质量的 50%以上,或长径比大于 300 的纤维虽只占全部质量的 30%以上但其密度小于 0.4 g/cm^3 的,属于非织造材料,反之为纸。

2. 美国材料试验协会(ASTM)赋予的定义

ASTM 赋予非织造材料的定义如下:

A structure produced by bonding of mechanical, chemical, thermal, or solvent means and the combination thereof. The term does not include paper or fabrics that are woven, knitted, tufted or those made by wool or other felting processes.

由此可知,非织造材料是一种有别于传统纺织品和纸类的新的纤维制品。这一界定已远远超出了“布”的涵义。

1.2.2 非织造材料的分类

非织造材料的分类方法可以按照成网方式、纤网加固方式、纤网结构或纤维类型等多种方法进行。一般基于成网方法或加固方法,图 1-4 所示为非织造材料基于成网方法和加固方法的分类。图 1-5 所示为非织造材料基本的加工路线。

1. 按成网方法分类

根据非织造学的工艺理论和产品的结构特征,非织造的成网技术大体上可以分为:1)干法成网;2)湿法成网;3)聚合物挤压成网。

1) 干法成网

在干法成网过程中,天然纤维或化学短纤维网通过机械成网或气流成网制得。

(1) 机械成网

用锯齿开棉机或梳理机(如罗拉式梳理机、盖板式梳理机)梳理纤维,制成一定规格和面密度的薄网。这种纤网可以直接进入加固工序,也可经过平行铺叠或交叉折叠后再进入加固工序。

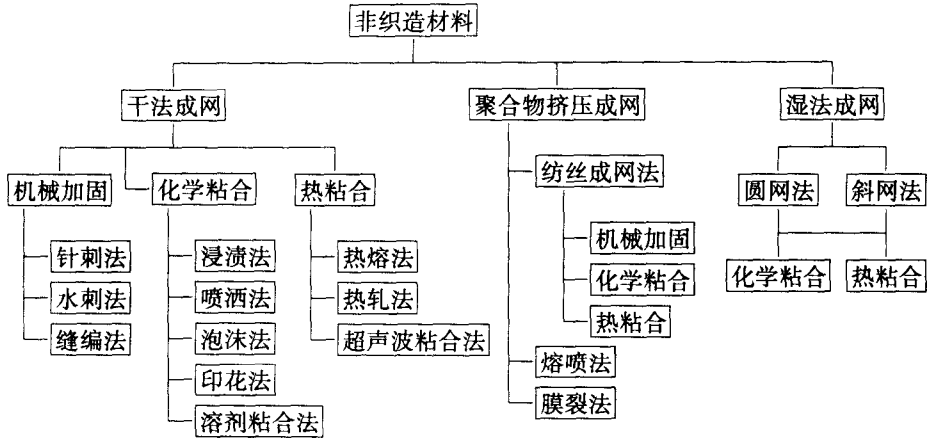


图 1-4 非织造材料基于成网方法和加固方法的分类

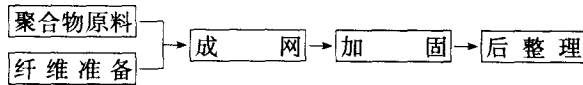


图 1-5 非织造材料基本加工路线

(2) 气流成网

利用空气动力学原理,让纤维在一定的流场中运动,并以一定的方式均匀地沉积在连续运动的多孔帘带或尘笼上,形成纤网。纤维长度相对较短,最长 80 mm。纤网中纤维的取向通常很随机,因此纤网具有各向同性的特点。

梳理或气流成网的纤维网经过化学、机械、溶剂或者热粘合等方法制得具有足够尺寸稳定性的非织造材料。纤网面密度可由 30 g/m² 到 3 000 g/m²。

2) 湿法成网

以水为介质,使短纤维均匀地悬浮在水中,并借水流作用,使纤维沉积在透水的帘带或多孔滚筒上,形成湿的纤网。湿法成网利用的是造纸的原理和设备。在湿法成网过程中,天然或化学纤维首先与化学物质和水混合得到均一的分散溶液,称为“浆液”。“浆液”随后在移动的凝网帘上沉积,然后,多余的水分被吸走,只剩下纤维随机分布形成均一的纤网,纤网可按要求进行加固和后处理。非织造纤网面密度从 10 g/m² 到 540 g/m²。

3) 聚合物挤压成网

聚合物挤压成网利用的是聚合物挤压的原理和设备。代表性的纺丝方法有熔融纺丝,干法纺丝和湿法纺丝成网工艺。首先采用高聚物的熔体、浓溶液或溶解液通过喷丝孔形成长丝或短纤维。这些长丝或短纤维在移动的传送带上铺放形成连续的纤网。纤网随后经过机械加固、化学加固或热粘合形成非织造材料。大多数聚合物挤压成网的纤网中,纤维长度是连续的。纤网面密度范围可以从 10 g/m² 到 1 000 g/m²。

2. 按照纤网加固方式分类

纤网的加固工艺可以分为三大类:机械加固、化学粘合和热粘合工艺。具体加固方法的选择主要取决于材料的最终使用性能和纤网类型。有时也会组合使用两种或多种加固方式以得到理想的结构和性能。

1) 机械加固

在机械加固中,非织造纤网通过机械的方法使纤维相互交缠得到加固,如针刺、水刺和缝编法等。

2) 化学粘合

在化学粘合剂粘合过程中,粘合剂乳液或粘合剂溶液在纤网内或周围沉积,然后通过热处理得到粘合。粘合剂通常经过喷洒、浸渍或者印花附着于纤网表面或内部。在喷洒法中,粘合剂经常停留在纤网材料表面,蓬松度较高。在浸渍法中,所有的纤维相互粘合使得非织造材料僵硬、刻板。印花法给予纤网未印花区域的柔软性、通透性和蓬松性。

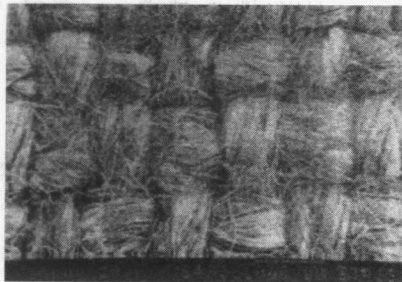
3) 热粘合

该工艺是将纤网中的热熔纤维在交叉点或轧点受热熔融后固化而使纤网得到加固。热熔的工艺条件决定了纤网的性质,最显著的是手感和柔软性。用此法粘合的纤网可以是干法成网、湿法成网或者聚合物纺丝成网的纤网。

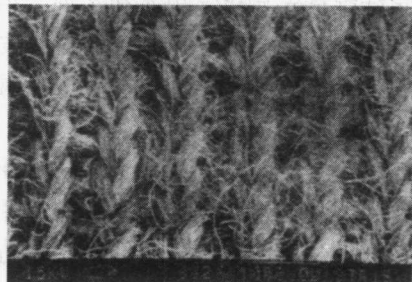
1.3 非织造材料的结构与特点

1.3.1 非织造材料与传统纺织品的结构差异

传统的机织物和针织物是以纤维集合体(纱线或长丝)为基本材料,经过交织或编织来形成规则的几何结构,如图 1-6 所示。机织物中经纬纱互相交织并挤压,具有较好的抵抗外力作用变形的能力,所以机织物的结构一般都比较稳定,但延伸性差。针织物中,纱线形成圈状结构并相互联结,当受到外力作用时,组成线圈的纱线相互之间有一定程度的转移性,因此针织物一般具有良好的延伸性。



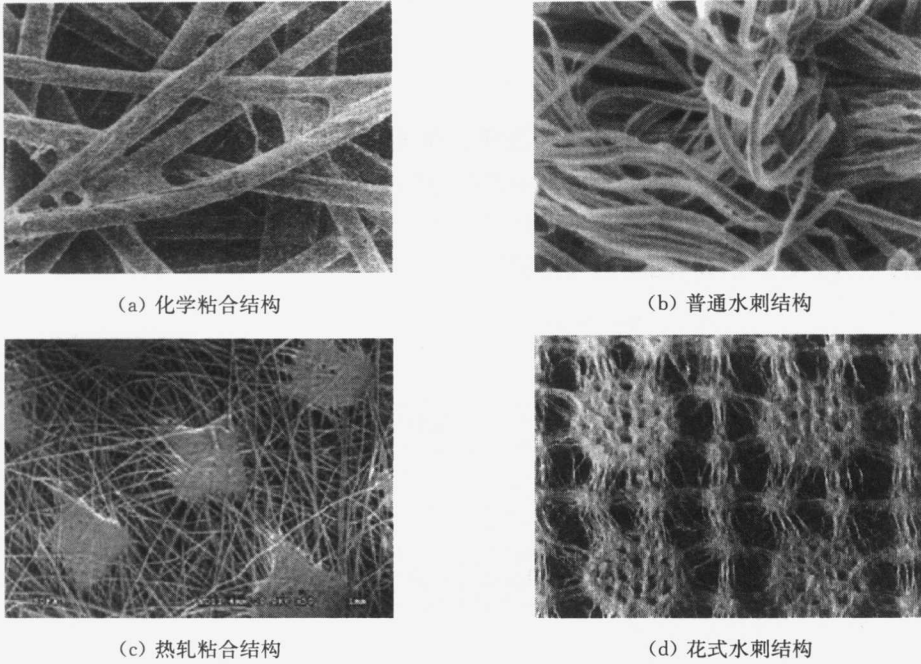
(a) 机织物



(b) 针织物

图 1-6 织物的结构

非织造材料与传统纺织品差异很大,非织造工艺的基本要求是让纤维呈单纤维分布状态后形成纤维集合体(纤网)。典型的非织造材料通常呈单纤维组成的网络状结构,要达到结构稳定,必须通过施加粘合剂、热粘合作用、机械缠结等手段予以加固,如图 1-7 所示。



(a) 化学粘合结构

(b) 普通水刺结构

(c) 热轧粘合结构

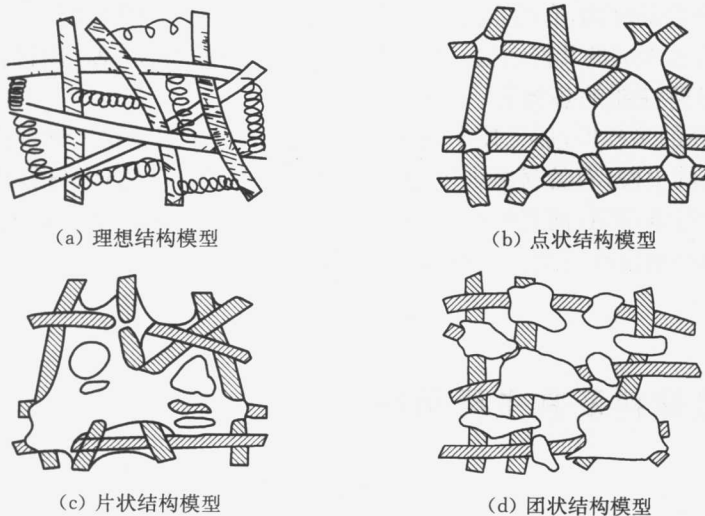
(d) 花式水刺结构

图 1-7 非织造材料的结构

1.3.2 非织造材料的结构模型

粘合剂加固的非织造材料的结构可分为点状粘合结构、片状粘合结构、团状粘合结构，如图 1-8 所示。

点状粘合结构中，纤维交叉接触处产生粘合作用，使用的粘合剂较少，材料的机械性能较好，化学粘合法非织造材料和双组分纤维热风穿透粘合非织造材料可观察到点状粘合结构。



(a) 理想结构模型

(b) 点状结构模型

(c) 片状结构模型

(d) 团状结构模型

图 1-8 非织造材料的结构模型