

织物结构 与性能

刘让同 李 亮 著
焦 云 任继江



武汉大学出版社
WUHAN UNIVERSITY PRESS

织物结构与性能

刘让同 李亮 焦云 任继江 著

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

织物结构与性能/刘让同等著.—武汉：武汉大学出版社，2012.5

ISBN 978-7-307-09406-2

I. 织… II. 刘… III. ①织物结构 ②织物性能 IV. ①TS105.1 ②TS101.92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 281474 号

所有权利保留。
未经许可，不得以任何方式使用。

责任编辑：胡欢芸

责任校对：曹 静

版式设计：唐 焰

出版：武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件：cbs22@whu.edu.cn 网址：www.wdp.com.cn)

发行：武汉格魯伯语言文化有限责任公司 (430074 武昌光谷 国企中心)

(电话：027-87773552 电子邮件：books@globepress.cn)

印刷：武汉贝思印务设计有限公司

开本：787×1092 1/16

印张：15

字数：374 千字

版次：2012 年 5 月第 1 版

2012 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-09406-2/TS · 30

定价：32.00 元

策划：武汉格魯伯语言文化有限责任公司

网址：www.globepress.cn

内容提要

本书首次对织物的结构与性能的内容体系进行了逻辑归集，分析了织物的分类，织物的结构从几何结构、松紧结构、孔隙结构和表面结构四个方面进行特征描述，织物的性能则从织物的表面性能与光泽、织物的机械性能与风格、织物的透通性与传递性、织物的穿着舒适性和织物的耐用性与防护性等方面进行描述。全书共分十章，内容不仅包括了织物结构与性能方面的经典概念而且融入了现代科技对其认识的影响。

本书为纺织科学与工程学科硕士研究生教材，并可作为纤维科学、高分子材料、复合材料专业的参考用书，亦可供本学科和其他相关学科的教师、研究生和专业技术人员作为自学参考。

前言

《织物结构与性能》课程是纺织工程学科的硕士研究生学位课，也是纺织工程专业纺织品设计领域的进阶和深化课程，其内容也是纺织科学与工程学科建设的重要组成部分。

织物结构与性能的研究在纺织学科中具有重要地位。纺织产品主要涉及纱线和织物，对纱线和织物的认识、形成和应用是纺织学科的主干内容，也是纺织学科独立于其他学科的特征信息。目前对织物结构和性能的描述大多是基于应用的，即把应用所涉及的应用领域作为修饰词来诠释，这种诠释看起来很综合，但由于并不是来源于织物本身物理条件，所以物理意义并不清晰，需要对织物结构与性能的内涵进行认真凝练。

很多高校的纺织学科硕士点在培养方案中都开设了《织物结构与性能》或类似的课程。在教学实践中，有的拥有讲义，如西安工程大学，有的也拥有正式出版的教材，如东华大学的《纺织物理》，内容涵盖了纤维、纱线、织物等，在这样一种混合体中，对织物对象阐述的有限性是可想而知的，换句话说，到目前为止还没有一本从学科角度全面描述织物的专著或教材，这对于培养具有纺织学科核心能力的人才是不利的，这也是本书的最初动因。

经过十几年的研究、积累、实践和创新，吸收了纺织学科的很多科研成果，对织物结构与性能的内容体系进行了多观测点分析、补充和生成，凝聚了11个相对独立又相互联系的主题，对织物结构和织物性能内涵进行厘析。课程内容主要分为三大块，即织物的分类、织物的结构、织物的性能。对织物进行分类是我们分析织物的起点，实际上就是要对织物本身有一个全面的认识，要从多个侧面对织物进行了解。织物结构就是织物内部诸种组成单元之间的联结方式，以及这种联结的空间表现。织物在与外部世界的相互作用中所体现的基本特征就是织物的性能，性能是织物能够与周围世界发生特定形式的相互作用的根本属性，这也是织物一种物质对象存在的一个更重要的原因。这三方面内容是一体的，我们要了解织物的结构与性能，首先必须弄清楚织物的种类，只有弄清了具体对象才能谈得上对结构和性能的分析。

本书的目的在于给读者提供一种对“织物结构与性能”进行分析研究的方法论和知识体系，但不主张受此拘泥。

本书的成稿凝聚了作者的心血，也得到了许多同仁的支持，在此表示感谢。本书中内容的整体架构和插图设计由刘让同完成；第一章至第七章的文字内容由刘让同撰写，第八章由李亮撰写，第九章由焦云撰写，第十章由任继江撰写；书中插图的绘制，除第二章由焦云完成外其余插图均由李亮绘制完成。

由于作者水平有限，本书可能存在不足和错误之处，欢迎读者提出宝贵意见。

刘让同
2011年10月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 织物的分类	2
第二节 织物结构概说	5
第三节 织物性能概说	9
参考文献	17
第二章 织物的几何结构	18
第一节 纱线在织物中的截面形态模型	18
第二节 织物中纱线的弯曲及其相互配置	21
第三节 机织物结构参数的关系模型	25
第四节 纱线屈曲长度与单个组织循环宽度估算	27
第五节 织物经纬纱织缩的估算	30
第六节 纱线的屈曲模型与弯曲轨迹描述	35
第七节 织物结构的三维理论	38
参考文献	46
第三章 织物结构的松紧结构	48
第一节 织物松紧的表达指标	48
第二节 机织物的挤紧状态及其形成条件	51
第三节 紧密结构织物紧度值的工艺意义	62
参考文献	65
第四章 织物的孔隙结构	67
第一节 织物的孔隙描述	67
第二节 织物中纱线内孔隙结构解析	70
第三节 织物中孔隙结构解析	73
第四节 纤维中孔隙结构解析	75
第五节 织物中孔径与孔径分布	78
第六节 压汞法测试多孔材料孔隙特性	83
参考文献	88
第五章 织物的表面结构	90
第一节 织物表面结构的内涵	90

第二节 织物的表面结构的表征.....	93
第三节 实际织物的表面结构.....	100
参考文献.....	107
第六章 织物的表面性能与光泽.....	108
第一节 织物的摩擦性能.....	108
第二节 表面润湿和毛细现象.....	115
第三节 织物的光泽及其相关问题.....	118
参考文献.....	130
第七章 织物的机械性能与风格.....	131
第一节 织物的拉伸性能.....	131
第二节 织物的撕裂性能.....	135
第三节 织物的顶破.....	138
第四节 织物的悬垂性.....	141
第五节 织物的风格(手感).....	144
参考文献.....	156
第八章 织物的透通性与传递性.....	157
第一节 织物的透气性.....	157
第二节 织物的透水性及防水性.....	163
第三节 织物的透湿汽性.....	169
第四节 织物的导热性.....	176
第五节 织物的静电性能.....	180
第六节 织物的透光性与遮蔽性.....	182
参考文献.....	186
第九章 织物的穿着舒适性.....	188
第一节 舒适性的基本概念.....	188
第二节 舒适感产生的理论基础.....	196
第三节 舒适性与纤维材料、服装款式的关系.....	202
参考文献.....	206
第十章 织物的耐用性与防护性.....	207
第一节 织物的耐用性及其表现形式.....	207
第二节 织物的防污与自清洁.....	210
第三节 织物的抗冲击性能.....	212
第四节 织物的阻燃性.....	218
第五节 织物的红外透通性和抗紫外辐射性能.....	226
参考文献.....	230

第一章 绪论

织物是纤维的集合体材料,是把纤维有序或无序地集合在一起制成较大、较薄的平面状物体。织物包括机织物、针织物、非织造布等,其中以机织物、针织物两大类使用范围最广、产量最高。在这样的框架下,《织物的结构与性能》究竟涉及一些什么内容呢?从逻辑上看主要分为三大块,即织物的分类、织物的结构、织物的性能。

对织物进行分类是我们分析织物的起点,其目标就是要对织物对象本身有一个全面的认识,要从多个侧面对织物进行了解。分类学本身也是一门复杂的学科,分类实际上就是要从不同的侧面对事物进行观察,其核心问题就是观察侧面即分类基准,分类基准不同,所分的类别也就有差异,而且类与类之间可能存在交叉与重叠,可以说是分不清的类。织物分类是研究织物结构和性能的基础,反过来织物结构与性能的深入研究也会给织物分类提供新的分类依据。

不管是哪种用途的织物,其内部组成单元的相互联系和相互作用表现出来的就是织物的结构。织物结构就是织物内部诸种组成单元之间的联结方式,以及这种联结的空间表现。没有一定结构的织物是不存在的,结构使织物的单元要素联结为一个统一的整体,这才使整体的织物得以形成。

织物与外部环境间存在各种各样的相互作用,可以是显性的直接的,也可以是隐性的间接的。织物在与外部世界的相互作用中所体现的这种基本特征就是织物的性能。性能是织物能够与周围世界发生特定形式的相互作用的根本属性,这也是织物作为一种独立的物质对象存在的更重要的原因,由于不同结构的织物具有不同的性能,这就使不同的性能成为不同结构织物相区别的一个标志。织物在与环境的相互作用过程中,有些性能被强化而显现,而另外一些性能则被弱化而被忽视,表现出织物性能要求的差异性,这就需要织物结构的多样性和差异性来满足这种性能的差异性,也可以说,织物结构的改变说到底就是为满足织物性能改变的要求而引起的。但不管是什么样的织物,都是纤维纺织产品,其结构和性能又具有一定的统一性和相似性。正因为这种多样性与统一性、差异性与相似性,构成了织物产品的丰富多彩,使织物结构呈现出精彩纷呈的格局。

这三方面内容是一体的,我们要了解织物的结构与性能,首先必须弄清楚织物的种类,从纺织材料学可知,不同的织物其结构是不同的,性能也有明显的差别,只有弄清了具体对象才能谈得上对其结构和性能的分析。织物的内外关系本身又是处在相互联系之中的,这表现为织物的性能与结构的密切关联和有机统一。所以,对于具体织物来讲实际都是特定性能与结构的统一。织物的结构与性能这两者是相辅相成的、互相影响的,性能是对材料内在结构的反映,是受结构制约的;结构是材料之所以具有某些特殊性能的内因。从应用上讲,特种性能的材料

我们可以从组分及结构上寻找其形成原因,反之,如果我们希望材料具有某些特殊性能,就可以从结构设计入手。比如羊毛和蚕丝同为天然蛋白质纤维,但羊毛和蚕丝在性能上却存在较大差异。羊毛具有较高的吸湿性而具有较小的强力,原因就在于内部结构上不同;蚕丝蛋白质的分子链主要由简单氨基酸组成,因此分子结构比较均匀规整,缝隙孔洞少,取向度高,因而强度高、吸湿小,而羊毛中复杂氨基酸含量较多、侧基大,且极性基团多,分子结构不能形成规整结构,缝隙空洞大(多),因而强度低、吸湿性好。这是结构对性能影响比较突出的一个例子,反过来我们也可以做同样的分析。

以上所说的织物概念是传统意义的,也是内涵意义上的,而从实际出发,要对织物有一个全面的了解,离不开织物的服役形式,织物具有各种各样的用途,不仅是人们生活所必需的生活资料之一,也是工农业生产、交通运输和国防工业的重要材料,在有些领域,织物可能单独承担应用功能(如服装),而在另一些领域,织物可能要与其他材料一起协同完成应用功能(如纺织结构复合材料),这个时候我们不能单就织物谈织物,需要把他们看成是一个整体。所以我们要讨论的织物不仅包括内涵意义的织物,更要涉及实际应用环境中的织物外延,即织物及其复合物(比如共混或分相的纺织结构复合材料),因此不仅要讨论纯粹织物的分类、结构和性能,也要讨论织物复合物的分类、结构和性能。

第一节 织物的分类

织物是纺织产品的大类名称,可根据织物加工方式、使用原料、设计的组织、应用领域、外观色泽等进行分类。

一、按织物的加工方式分

根据织物的不同用途可以对织物进行分类,即机织物、针织物、非织造布等。

机织物(Woven Fabrics):机织物是由两系统相互独立的纱或线(分别叫经纱、纬纱)按照一定的交织规律在织布机上织制而成,习惯上又常称为梭织物。与传统有梭织机的梭子有关。

针织物(Knitted Fabrics):针织物是用织针把纱线弯成线圈,再将线圈一个一个串套连接起来而制成的织物。其中又可分为经编针织物和纬编针织物。其产品可分为针织坯布和针织成型产品两类。针织坯布主要用来缝制内衣、外衣、围巾等,如汗衫、棉毛衫、羊毛衫、针织两用衫等;针织成型产品有袜类、手套、绒线衫、羊毛衫等。

非织造布(Nonwoven, Nonwoven Fabrics):非织造布又称无纺布,是由一定取向或随机排列组成的纤维层或由该纤维层与纱线交织,通过机械钩缠、缝合或化学、热粘合等方法连接而成的织物。在形态上可以是厚厚的絮片、或薄如纸状、或毛毯状、真皮结构状,或如传统的纺织品种,所以也称“布”,这里的“布”,只表明其属于纺织范畴,实际上已大大扩大了其原有的涵义。非织造技术是继机织、针织之后的第三种主要的纺织生产技术。其他:织物还包括以勾针或其他方式扣编而成的编织物,如以接结或其他方式扣结的网制品,以铺絮擗毡等方式生成制品等。我们在介绍织物结构时主要以这种分类标准进行介绍。

由于机织物、针织物和非织造布在结构上有很大差异,考虑篇幅和知识的系统性,本书以

机织物为研究对象展开论述。

二、按织物的用途分

根据织物的不同用途可以对织物进行分类,即衣着用织物、卫生用织物、装饰用织物、产业用织物。

衣着用织物:这类织物主要用于做内衣、外衣、衬里衣料用织物、帽子、鞋袜;用季节来说可用作冬衣、夏衣、春秋衣用织物。

卫生用织物:如毛巾、浴巾、枕巾、手帕、床上用品等。装饰用织物:如窗帘、帷幔、床罩、家具罩布、室内外用品等。

产业用织物:指用于工农业、医疗和军需的各种织物。如传动带、帆布、塑料衬布、滤布、绷带、水龙带、包装、医药、体育、防护、军用、建筑、篷盖等。我们要介绍性能时就以这些领域所提到的性能要求来集合。

三、按织物原料分

按原料织物可分为纯纺织物、混纺织物和交织织物。

纯纺织物是指经纬纱都用同一种纤维纺织而成的织物。根据纤维的不同可分成:

- ①棉织物:如细布、漂布、府绸、卡其、华达呢等;
- ②毛织物:如麦尔登、凡立丁、女士呢等;
- ③丝织物:各种绫、罗、绸、缎、纱等;
- ④麻织物:如夏布、麻布、麻帆布等;
- ⑤化纤织物:如涤纶短纤维的纯涤纶织物;
- ⑥矿物性纤维织物:如石棉防火织物、玻璃纤维织物等;
- ⑦金属性原料织物:如金属筛网等。

混纺织物是指用两种或两种以上不同种类的纤维混纺成纱后织成的织物。随着化纤生产的发展,天然纤维与化纤混纺的品种逐渐增多。如毛棉与各种合成纤维混纺的织物;人造化纤与毛、人造化纤与涤纶等混纺的凡立丁、花呢等;涤粘、毛粘、粘锦等混纺、仿毛织物;此外,还有用三种纤维混纺的织物,称“三合一”。

交织物是指用两种不同纺织纤维的纱线或长丝交织而成的织物,如棉经毛纬的棉毛交织物、毛丝交织的凡立丁、丝棉交织的线绉等。这种交织物除使织物经纬向具有不同的物理机械性能外,往往在染色后具有闪色效应。又可分为纯纺交织物和混纺交织物。

四、按织物组织分

按织物组织可把织物分为基本组织织物、变化组织织物和复杂组织织物。

基本组织织物:对于机织物有平纹、斜纹、缎纹;对于针织物可分为纬编针织物和经编针织物,纬编针织物的基本组织有纬平针组织、罗纹组织、双反面组织、双罗纹组织,对于经编针织物基本组织有编链组织、经平组织和经缎组织。

变化组织织物:是指织物的组织由基本组织变化而来,但仍带有基本组织的某些特点。

复杂组织织物:是指织物的组织具有比较复杂的规律。

五、按织物的色泽分

按色泽可把织物分为本色织物、漂白织物和染色织物。

本色织物：又称原色织物、坯布，是直接由织机上取下来未经加工处理的织物。

漂白织物：纱线经过漂白后织成织物或坯布经过漂白后得到的织物。

染色织物：包括纱线染色后织成的织物（色织布）、坯布染色以及印花织物等。

六、按后整理分

按后整理可把织物分为一般整理织物和特殊整理织物。

一般整理织物：就是普通如漂白、丝光、染色、印花等。

特殊整理织物：经过如阻燃、防蛀、防水、防静电整理后的织物。

七、按纱线系统分

按纱线系统可分成环锭织物和转杯织物；根据原棉加工系统的不同，用精梳棉纱织成的织物称为精梳织物，用粗梳棉纱织成的称粗梳织物；对于毛织物则分为精纺织物和粗纺织物；对于机织物根据其经纬所用的纱线不同，可分为纱织物、半线织物与全线织物。

八、其他

当前除由圈套（线圈）组成的针织物和用相互垂直的两个系统的纱线交织而成的机织物以外，还有联合使用针织与机织织造原理制成的织物，还有用三个系统纱线互成一定角度制成的“三向织物”。传统的机织物又称二向织物，受力时呈各向异性，即经向和纬向具有大的强力，而斜向强力较弱，耐用性较差。为了改善这种固有的缺点，满足某些特品的要求，三向（平面）织物已开始生产。三向织物在三个方向受力是均等的，具有很高的顶破力和优良的抗撕扯性和抗剪切性，是宇宙用布、降落伞、船帆、气球、轮胎等的理想材料。

不管是二向织物还是三向织物，整体来讲还是在一个平面中，所以都属于平面织物。但随着科学技术和经济的发展，普通结构的织物已不能满足航空、航天、汽车、建筑、医疗器具等领域的更高要求，出现了三维织物。三维织物是对传统纺织技术的拓展，在三维结构中，纤维束不仅通过二维平面，而且通过厚度方向，在空间相互交织形成整体结构。目前三维纺织技术已得到了很好的发展，许多复杂的构件都已经能够制作（包括机织、针织和编织等方法）。三维机织物是指纱线在空间三个方向相互穿插，相互交织成一定的几何形状，形成空间网络。三维机织物作为纺织结构预制件，具有良好的整体性，是结构复合材料的理想骨架，设计灵活，三维机织物结构组织形式多样，其截面形状多种多样，易于设计，易于采用机下变形制造异型件，易于实现计算机的辅助设计，如“工”形梁、“L”形梁、蜂窝状织物、箱状织物、管材、中空双层壁织物等均可织造。三维机织物与多轴向经编针织物及三维整体异型编织物相比，能实现较大幅宽织物及规模化生产，但厚度却受到设备条件的限制。

第二节 织物结构概说

随着纺织科学技术的不断发展和科学研究成果的不断涌现,“织物结构”的内容也在不断更新和完善,对织物结构的认识也越来越清晰,各方面的信息越来越多,对“织物结构”所涉及的内涵进行逻辑归集是很有必要的,一方面可以帮助广大有志于纺织研究的人们能够抓住主要矛盾和矛盾的主要方面,同时也为纺织学科的发展做一些基础工作。

一、织物结构的研究状况

结构是指物质单元之间堆砌、组合所形成的内在关系,包括堆砌单元数目、组合形式、平面空间关系等。任何织物都是结构与性能的统一,结构使织物的单元要素联结为一个统一的整体,没有一定结构的织物是不存在的,由此可见织物结构对于织物来说是非常重要的。

对于机织物结构的研究已有悠久的历史,纺织科学工作者们一直试图对织物结构提出一套系统的理论,都从各自的观察角度提出了各自的见解,有的研究者从纱线在织物内的形态出发,根据几何关系(几何结构方法)建立模型展开研究;而另一些研究者则从实验资料出发,用经验方法进行统计回归分析,从而得到织物的经、纬纱号和密度间的定量关系。

机织物中纱线截面形状是极其复杂多样的,研究者企图将纱线截面形状规整模型化。从1937年 Fredrick Tomas Pierce“织物结构几何学”的著作开始,前后提出了许多模型,Peirce主张以圆形或椭圆形描述,还有人提出了跑道形、凸透镜形、碗形截面等。Pierce提出了机织物的结构模型,用11个独立变量建立了7个方程来描述机织物的结构,在这11个变量中只要知道任意4个就可以解出其余的所有变量,其前提就是要先确定4个变量,这也就基本规定了这组方程组没有唯一解,反映了参数的不确定性,从这组方程出发也推出了织物的挤紧状态方程,明确了经纬纱结构参数间彼此的约束。在此基础上,许多研究者致力于织物几何结构的研究,使Peirce模型得到了发展和应用,其中较有影响的有Painter(1952)建立的Peirce关系方程的诺模图解术,大大简化了Peirce方程的求解;Love(1954)根据Peirce提出的平纹织物紧密结构条件,将纱线截面修正为跑道形,发展建立了非平纹织物紧密结构的最大可织图解,并阐明了Love可织图解在织造过程中的实际应用;Hamilton(1964)在此基础上提出了织物织紧度的概念及其算术图解。归纳起来,对Peirce理论的修正主要表现在对纱线的截面形态和屈曲形态的修正上。

由于织物结构的易变性,结构的纯几何学研究已不能充分解决实际情形所包含的复杂性,所以有的研究者采用经验方法对织物结构进行研究,在这方面做出贡献的学者有Olofsson(1964)等,他们把织物成形时的力学条件和经纬纱线相互作用产生变形作为已知,去建立织物结构的数学力学模型,摆脱了纱线截面形态和交叉屈曲形态的影响,着眼于探求织物结构机理和效果之间的内在联系,使织物结构的研究又深入了一步。

在疏松的平布中织物的空隙是很明显的,由于其对透通性的影响,有研究者对织物的孔隙开展了研究,提出了平纹织物纱线间的孔洞模型,可以描述为一对外口大内口小,小口对小口连接,截面为变角方形的喇叭,且其方口方向有顺时针及逆时针方向的旋转。该模型得到了施

楣梧等人的切片证实。

在对机织物的几何结构研究中发现,大量机织物内的纱线并不是二维的波动曲线,而是三维的波动曲线。这使纱线在织物中的分布,孔洞的形状、尺寸、弯曲发生很不同于二维理论分析的结果。机织物中纱线空间结构之所以产生第三维的变形移位,原因有很多,最主要的是有两方面的力学关系:一是织物中与某根纱线相接触的其他纱线的作用力(包括同一系统的纱线和另一系统的纱线);二是纱线本身扭应力的影响。

但由于织物对象的丰富多彩,这些模型都不是很成熟,而且对非织造布和织物的表面结构涉及比较少,各种模型的提出是基于实用目的,存在不足是必然的。因此对织物结构进行系统思考是时候了。实际要对织物结构想有一个比较全面的掌握,办法很简单,只要对织物的现实结构进行分析即可。

二、织物结构的特征信息

(一) 从织物的定义分析

织物的定义可以用两句话来描述,即“织物是一种纤维集合体材料,是把纤维有序或无序地集合在一起制成较大、较薄的平面状物体”。这个定义给出了织物的内涵信息,不仅明确了织物是由纤维组成的;还表明了纤维是“有序或无序地”堆砌在一起的;形成的集合体是“较大较薄的平面物”;根据“纤维有序或无序地集合在一起”的信息必须明确纤维变成织物的堆砌状态(堆砌的数目、相互关系)。

从此定义可以分析出,“纤维的堆砌”就会与堆砌几何有关,形成织物的几何结构;从“较大较薄的平面物”的描述表明了织物有宏观表面和形状,形成织物的表面结构。从定义的隐含信息可以知道,纤维形成织物后可以紧密堆砌也可以松散堆砌在一起;纤维形成的组成单元可能彼此接触也可能不接触,这就势必形成织物的松紧结构和孔隙结构,也就是说织物定义中就暗含了织物结构必须清楚四方面的内容,即几何结构、松紧结构、孔隙结构和表面结构。反过来讲,如果不了解该四种结构,就意味着不清楚织物的内涵。

(二) 从织物形成角度分析

织物的形成,首先必须要以几何结构为基础,比如纱线的粗细、织物的组织等必须要确定。其次必须根据应用要求来确定织物的初始松紧结构,比如纱线的排列密度、织物的紧度、覆盖系数等,否则织造无法实施;这种初始松紧结构的确定也就基本确定了织物中的初始孔隙结构。织物织造成功后就会形成某种外观,外观的设计是受表面结构影响的。

(三) 从应用设计角度分析

织物的制造一般是为某一应用目的服务的,具体的应用目的就会有一些特殊性能要求,而这些特殊要求的实现是通过织物结构来实现的。不管哪种应用要求,织物必须要拥有一种几何结构;织物的柔软性保障要考虑织物的松紧结构;织物的透通性保障需要研究织物的孔隙结构;织物的表面性能的确定更需要表面结构来保障。

由此可见,织物的结构应该包括织物的几何结构、松紧结构、孔隙结构和表面结构四个方面。几何构造是织物结构研究的基础,也是织物形成的依据,松紧结构、孔隙结构和表面结构是织物结构描述的重要方面,有利于了解织物结构的细微差异,从而了解织物性能差异性的原因。松紧结构规定了织物的组成结构单元之间的相互接触关系,直接决定了织物的柔软性;而孔隙结构则是从孔隙本身来了解织物结构,是从不同侧面观察织物结构的方法之一;表面结构是织物的外观,决定了织物的光泽和摩擦性能。织物的柔软性、透通性和光泽等是织物的特征

性质,因此松紧结构、孔隙结构和表面结构也是织物的特征信息,这也是符合我们对织物结构观察的习惯,因此也把它们称之为织物结构的四个特征内容。

三、织物结构的内容体系模型

织物结构参数,特别是如经纬纱细度、经纬纱密度、织纹组织等参数,已经历了数千年的历史,但到目前为止尚未形成完整成熟的结构参数体系,说明了织物结构研究的难度和结构的复杂性。任何事物的结构不可能简单描述,需要从不同侧面、多方位、多层次地进行解剖,既可以按照织物组成单元的形成层次来进行分析,也可以从几何学视角入手。

(一)从几何学视角看结构的内容

几何学要解决的根本问题就是要解析对象之间的相对位置和相对位置的形成关系。按照这种逻辑,织物结构要研究织物的平面几何结构、空间立体结构和织物形成的过程结构,包括织纹组织、织物中各系统纱线(纤维)的相互关系、表面结构等。

为了使几何问题简化,考虑到常规织物在厚度方向上尺寸较小,所以常常注重织物中组成单元在两维方向上的相互关系,而不考虑第三维,这就是织物的平面几何结构。如果考虑第三维组成单元的相互关系,就是织物空间立体结构要回答的问题。织物结构是研究织物性能规律的基础,同时也是按照织物性能设计织物的基础。

任何一种物质都是由其组成单元集合而成的,这些组成单元之间会以某种几何形式进行集合,织物也不例外,这也是能够从几何学视角认识织物的现实基础。

织物的组成单元存在三种基本的堆砌组合方式,即交叉、串套和纠缠粘合,分别对应了机织物、针织物、非织造布三者的结构,也包含了平面织物结构和立体织物结构。在这些结构中组成单元可以紧密结合也可以稀疏堆积,从而形成组成单元的排列密度,对织物来讲就是松紧结构;正因为这种排列密度和单元之间的非连续性造成组成单元之间的间隙,形成织物内部的孔隙结构。织物为软物质,变形能力大,结构不稳定,这种不稳定性除了与纤维材料有关外,还与织物的松紧、几何构造、孔隙等有关。织物是一种薄型的平面状的纤维集合体,因而形成了特定的表面结构,这种结构直接影响织物的表面性能与光泽。

需要说明的是,由于织物的易变形性,有些织物的最终结构与初始结构存在差异,后整理也会影响到织物的四大结构,因此有必要探讨织物形成的过程结构,这也是织物设计需要考虑的。

(二)从织物组成单元的层次看结构的内容

织物可以由纱线织成,不同结构的纱线会造成不同的织物结构,因此织物结构参数应该包括纱线参数,包括组成纱线的纤维种类、纤维含量及内外分布的情况、纱线在织物中截面被压扁的程度、纱线的体积重量、纱线的特克斯数、捻度等。织物也可由纤维集结而成,纤维的集结方式将主要影响织物的结构。

从织物本身看包括织物的几何尺寸,如匹长、幅度、厚度、纱线交织规律(即织物组织);织物组织中纱线的排列密度及紧度、织物的平方米重、体积重量等及织物的几何结构相互支持面。

1. 织物组织(与几何结构有关)

织物组织是织物结构的基础描述,决定着织物中纱线的交织规律。

2. 纱线的线密度和直径(与几何结构有关)

对于纱线的粗细可以用间接指标和直接指标来描述,线密度是描述纱线粗细的间接指标;

纱线直径是指纱线基本表面以内的直径,由于纱线表面有毛羽,本身又是粘弹体,容易变形,而且纱线截面并非正圆,因而纱线基本表面具有很大的不确定性,直径也具有一定的模糊性。

3. 织物厚度(与几何结构有关)

织物厚度等于织物正反表面之间的垂直距离。织物厚度与纱线细度、织物组织等有关。织物中纱线的弯曲程度对厚度也有影响,在染整加工中采用不同的张力对织物弯曲波高有明显的影响,因而也将影响织物的厚度。织物的坚牢度、保暖性、透气性、防风性、刚度和悬垂性等性能在很大程度上与织物厚度有关。织物与平面接触时首先是毛茸接触,只有当压力达到一定值时才会接触到纱线的组织点,因此织物厚度的定义均指在一定压力下的测定值。

4. 纱线的排列密度(与几何结构、松紧结构有关)

经、纬纱密度是指10厘米或1英寸宽度中经纱或纬纱的排列根数,是织物设计的重要内容之一。不同织物的密度,可在很大范围内变化,从麻类织物的40根左右到丝织物的1000根左右,大多数棉、毛织物的密度在100~600根范围内。织物密度的大小以及经纬向密度的配置,对织物的性状如织物的重量、坚牢度、手感以及透水性、透气性等有重要影响。

5. 平方米重、容重(与松紧结构、孔隙结构有关)

织物的重量是对坯布进行经济核算的主要项目,同时也与织物的服用性能有密切关系,对织物结构的紧密程度也是一种间接反映。织物的重量一般是指织物单位面积的重量,又称平方米重。用纱线的特数与密度可以近似地估算平方米重。

织物的容重是指织物单位体积内的重量,各种纺织制品的容重,随其结构可在很大范围内变化,一般棉织物的体积重量较大,粗梳毛织物的容重要小一些,针织物更小,絮制品最小。纺织制品的容重与纺织品的导热性能关系十分密切。

6. 孔隙率与填充率(与孔隙结构有关)

填充率是指织物中纤维体积占织物总体积的百分数,用 f 表示,那么孔隙率就是 $\eta=1-f$,即织物中空气体积与织物总体积的百分比,可分几个层次:纤维内孔隙率、纱线中纤维间孔洞的孔隙率、织物中纱线间孔洞的孔隙率、纱线中总孔隙率、织物中总空隙率。

7. 支持面与支持面率(与表面结构有关)

织物表面与平面靠近时,首先是毛绒先接触,其次是凸起的屈曲峰尖接触,这些接触点集合在一起就形成了织物的支持面。织物的支持面率就是织物单位面积中支持面面积占织物总面积的百分数。织物厚度也可以指在一定支持面率下的测定值。

需要说明的是,以上所列结构参数是织物结构的常用参数,通过它们可以推导出其他参数;另外从每个参数的说明来看,虽然各自分别反映的内容是四大结构的内容,但都存在不精细、不确定的特点,这恰恰就是织物结构不稳定的特点。

四、织物结构的特点

从前面的分析可以知道,如果从几何、松紧、孔隙和表面等四个方面来观察织物的结构,就会得到比较全面的结构信息,但事情往往没有这么简单,织物的结构还具有以下一些特点:

(一) 复杂性

正因为用途的不同,对织物的性能要求也表现出差异性,我们知道结构对性能具有决定性,这就导致了织物结构的多样性和差异性。但不管是什么样的织物,都是纤维纺织产品,因而又具有一定的统一性和相似性。正因为这种多样性和统一性,构成了织物产品的丰富多彩。即使

相同的物质组成单元,由于堆砌组合关系不同有可能形成不同的物质结构,因而织物结构具有复杂性。

(二) 易变性

在织物形成过程中,必须确定纱线、组织、排列密度和工艺条件四个因素才能实施织造,但这不能决定织物结构的最终性,只要稍加分析就能知道,在此四个因素中任一因素的改变都会改变织物结构的四个方面。所以任意一组结构参数所描述的结构都是一种过程结构,只能代表一种相对稳定性。

(三) 多态性

织物织造成功后,就形成了织物的初始结构,织物一旦受到外界因素的侵扰,这种结构状态就会破坏,比如织物经过整理加工后,其几何结构、松紧结构、孔隙结构和表面结构都会发生变化,另外织物在服役过程中无时无刻不受外力的作用,织物结构状态随时间推移而改变,这就构成了织物结构变化的量的积累,当这种量的积累达到一定程度时,就会引起结构状态质的变化,直至破坏。所以在织物破坏之前任意一种结构状态都不是最终结构。

正因为织物结构的这种复杂性、易变性和多态性,导致了织物结构的难确定性,可想而知织物设计和目标产品形成的难度了,这也进一步强调了用系统思想研究织物结构的必要性。

第三节 织物性能概说

与织物结构相似,有关织物性能的内容也在不断更新和完善,对“织物性能”所涉及的内涵体系进行逻辑归集也是很有必要的。

一、织物性能及其内涵体系逻辑归集的必要性

(一) 织物性能的定义

织物作为一种物质存在,与环境中的各种因素不断进行着相互作用,这种相互作用是不以人的意识为转移的,这就形成了织物与环境的相互关系,也就形成了织物的性能,所以织物性能是织物与环境各因素相互作用的一种表现,是织物在环境中的一种或多种存在关系。

织物与外在环境的相互作用表现为性能,织物内部各组成单元的联结关系就表现为结构,织物的这种内在关系本身又处在相互联系中,表现出了织物结构与性能映射关系的有机统一。在织物设计与开发的发展进程中,织物性能是比较活跃的因素,织物结构则比较稳定。织物在与环境的相互作用中,首先获得变化的是性能,性能在织物内部结构基础上发展到一定程度后,出现了“旧的结构不能满足新的性能要求”的矛盾,出于适应织物性能变化的需要,要在更大范围内建立起更适应的织物结构,形成织物新的几何结构,在这个新结构基础上,织物性能将得到进一步完善,从而形成新的织物形式。由于性能与结构的这种矛盾运动的不断形成和化解,导致了织物形态的不断变化。

结构决定性能在织物中有充分体现,平纹织物和缎纹织物的光泽不一样就是由织物的表面结构决定的,缎纹织物表面纱线浮长相对比较大从而形成了相对比较连续而且面积比较大的反

光面,反射光强,形成较强的光泽。结构内容包含组成单元因素,组成原料也是其重要内容,不同原料的织物其性能不仅在量度上会有优劣差别,如毛织物与棉织物在具体性能上都存在量度上的差异,而且可能造成根本性改变,织物性能是原料性能的集成体现,这就是原料决定的(或结构决定的)差异性。性能是对织物内在结构的一种外在映射,比如织物具有比较好的透气性就是对织物孔眼比较大的结构特征的一种反映,孔眼小,透气性就可能比较差,这就是说织物的透气性与织物的孔隙结构息息相关。

由此可见,织物性能是织物与外部环境中各因素相互作用关系的一种表现,是织物内在结构的外在反映,是组成材料性能的集成体现,可以理解为性格能力,它是我们对织物进行实物质量评定的依据。

(二) 现实织物性能剖析

要对织物性能有一个比较全方位的掌握,办法很简单,只要对织物应用场合多加分析即可。

织物性能是与环境中各因素的相互作用所形成的关系,因此环境中存在什么因素,织物就会形成某种性能,不可能出现织物不与环境中某一因素形成关系的情形,所有织物都是性能与结构的有机统一体,由此可见,织物性能在内容体系上具有统一性,主要表现在不管何种织物各种性能都是具备的,比如每种织物都有强度、透通性质等,可以说对于某种具体织物,其性能的内容具有全集性,实际织物会涉及到各种性能。虽然对织物的设计者来说,设计目标是织物的个性,但其设计基础需要对织物性能有一个全面地了解,强调的是各种织物性能的统一性、相似性,即织物的共性。

虽然织物性能在内容上具有全集性,但在强弱上具有差异性,这也恰恰是可以根据织物性能区分不同类型织物的依据,也是能对织物性能进行优劣评价的依据。会存在某一类织物可能在某些方面的性能强一些,而在另外一些性能上则弱一些,而且实际应用场合会重点关注织物某些方面的性能,但不代表其他性能不存在或不重要,其他性能是该类性能能够表现出来的基础、默认条件甚至是保障条件,比如光泽织物也必须符合强伸性能要求。针对具体应用场合有些性能只要不影响应用有可能根本不去理会。对于产业用布有可能对织物的强度、伸长要求比较多,而诸如手感、风格方面的性能要求则可以低一些;对于衣着用织物不仅要求有一定强度,而且要求其手感、风格、光泽、舒适性各方面都应达到一定的水平;而对于装饰织物应该体现其美化环境的作用;对卫生织物则要求吸收性、透通性等方面比较多。

不同应用领域对织物的性能内容及其量度要求是不同的。衣着用织物对人体健康无不良影响,能使人体免受外来损伤,帮助人体适应气候变化和便于人们肢体活动。织物的断裂强度不应小于17kg。衣着用织物又有一定的艺术外饰要求,如花色线和混纺纱线,配色模纹和组织变化;印花、轧纹、烂花以及利用收缩性能不同的纤维交织而成凹凸的花纹效应等。各种化学纤维的发展,为扩大织物品种、降低织物成本以及改善织物性能提供了十分有利的条件。而对于产业用织物一般对强度、疲劳与磨损、耐热性、耐气候性与耐腐蚀、吸湿与吸水、过滤、保湿与绝热、噪声控制、阻燃、抗静电等方面的性能比较关注。不仅如此,这种不同还具有一定的时代性。同样是衣着用织物,在六、七十年代,人们对织物的强度性质比较关注,而现在对强度性质就不再那么强调,可能更注重舒适性和美观性了。对这些默认条件不掌握会影响应用目标的实现。

(三) 必要性分析

通过上面的分析可知,对织物性能内涵体系进行逻辑归集是很有必要的。首先从应用领域看,希望利用织物来实现某一应用目标,就需要从众多的织物中选择合适的织物进行匹配,而