

纺织品及服装力学性能工程设计的发展(I)

张欣⁽¹⁾ 姚穆⁽⁴⁾

(西安工程科技学院,西安,710048)

李毅⁽²⁾ 杨国荣⁽³⁾

(香港理工大学纺织及制衣学院)

摘要:介绍了纺织产品的工程设计的重要性及其基础研究的概况,概述了 Hearle 的织物层次结构力学的设计和 Matsuoto 的纤维集合体结构的工程设计系统。

关键词:织物 服装力学 纤维集合体结构 设计 发展

中图分类号:TS 101.2 文献标识码:A

1 工程设计方法对于纺织产品设计的重要性

工程设计是一个反复创造、分析、评价、修改直至完善地寻求解决问题的最优方法的过程,它架起了科学原理和社会效益之间的桥梁。近几十年来,纺织工业界和学术界愈来愈意识到工程设计方法对于纺织产品设计的重要性。其主要原因有以下四个方面:1) 新型纤维和新型复合材料的开发为产品设计带来了更大的选择范围,优化设计的重要性显得尤为突出;2) 纺织材料和纺织复合材料已被广泛应用于服装、家用品、工业领域、空间建筑、飞机、机器零件、土木工程、人体假肢、乐器等领域,对产品的计算设计和性能评价就显得更加必要;3) 纺织产品市场的频繁多变和激烈竞争,要求新产品的设计、开发和生产制造等诸多环节对市场具有快速反应的能力;4) 自 20 世纪 20 年代以来数学和力学在纺织材料领域的应用研究以及计算机技术的迅猛发展,使工程设计纺织产品日趋现实。

Kawabate^[1]在 1998 年指出,在纤维学、纺织力学和客观测试技术的基础上,实现对服装面料质量和性能的工程设计是 21 世纪的努力方向。这一研究方向对于提高纺织品质量及性能具有非常重要的工程技术价值和社会经济效益。了解和掌握这些研究的前沿领域,追踪发达国家的研发发展,是建立纺织品及服装力学性能工程设计系统的首要工作。

2 有关纺织品和服装力学性能工程设计的基础研究

20 世纪初,纺织工业界已经认识到将工程设计技术应用于纺织品材料设计的必要性。1930 年,Peirce^[2]在纺织学会会刊(J. T. I)的论文中就指出了纺织品力学和纺织品与服装工程制造技术对于生产

高质量服装的重要性。同时,Peirce 还指出建立纺织品客观测定技术对工程设计的重要性。此后,纺织品力学成为纺织科学的主要研究领域之一,手感成为纺织厂专家评价纺织品质量的主要指标。

纺织品是由纤维组成的非均匀集合体,具有强烈的结构特点。纺织材料力学性能的研究方法大致可分为描述性的几何方法和结构力学方法。由于纺织材料的大变形和非线性特点,数值计算方法,诸如有限元法和有限差分法也被应用于解决这类问题。1972 年,Hearle^[3]对纺织品力学问题和方法进行了分类,提出了计算机辅助设计纺织品力学问题的层次结构力学设计方法。有关纺织品结构力学的主要研究被编入“纤维-纱线-织物结构力学”和“毛织物结构力学”等书中^[4-6]。

纺织材料设计是对纺织产品的结构、组合、美学性和功能性的设计。计算机辅助与纺织品外观和时尚有关的色泽和织物结构花纹的设计系统已有许多公开报道,但是有关纺织品与服装材料力学性能工程设计系统的报道则不多。一个重要原因是在实现这一目标的过程中,还需要建立许多先进理论和知识。纺织品的层次结构特点,服装与人体之间的弹性接触特点,决定了纺织品和服装力学性能有其特殊性,并不严格遵循材料力学的规律。因此,在纺织品与服装力学性能的建模中,需要对经典力学的研究方法思路有所突破。传统的纺织结构力学方法具有数学性强并基于许多假设的特点。1994 年,Hearle^[7]指出,由于现代计算机系统提供了使定量设计成为可能的硬件,预测纺织材料力学性能的传统方法正走向终点。计算力学将成为 21 世纪预测纺织材料力学性能的标准化处理程序。这需要开展一系列基础性研究,其中包括建立精确的纺织品与服装力学理论,建立纺织材料工程数据库和获取有关纤维特性的详细资料。

3 Hearle 的织物层次结构力学的设计概念

1994 年, Hearle^[7]提出了应用织物层次结构力学的设计概念。图 1 表示纺织力学的层次结构法, 图 2 表示传统的设计过程和计算机辅助设计过程。图中的实箭头表示传统的设计过程, 图中的空箭头表示应用层次结构力学的方法(纤维、纱线、织物、成品)设计织物组织和工艺过程。其中, 微观力学用于预测纺织品结构的基本构成关系, 宏观力学用于预测纺织品在应用中的复杂变形。

Hearle 提出了以织物力学为设计工具, 开发一个全面设计系统的研究内容, 主要包括: 纤维和织物性能的信息数据库; 以知识为基础的专家系统来汇聚可获得的专业知识、技术和历史数据; 纺织品结构力学的程序库。他提出建立纺织材料力学性能 CAD 系统的三项主要工作, 第一, 开发综合的程序包, 可方便地输入、存储和展示纺织品几何结构; 第二, 建立没有任何假设的纺织纤维性能数据库, 可通过直接从纤维测试仪器上输入数据的方法, 扩充纤维性能数据库; 第三, 编写计算机程序求解各种边界条件下的纺织力学问题。基于可测量的纺织材料力学性能, 就可以预测纺织品在实际使用中或制造过程中的应变/应力状态, 进而 Hearle 研究了在网络系统中增强 CAD 设施以连接市场、制造和营销的可能性。

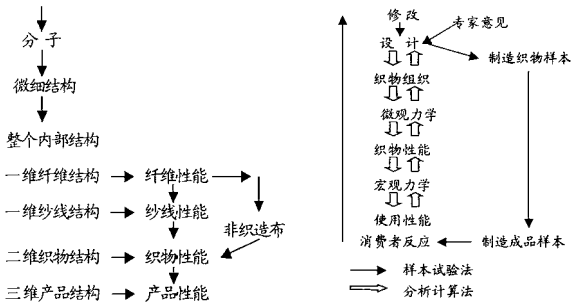


图 1 纺织力学的层次结构法

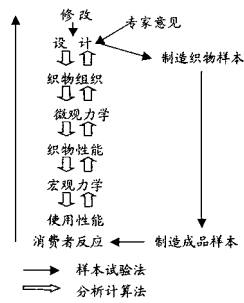


图 2 纺织品力学性能的设计步骤

4 Matsuo 的纤维集合体结构工程设计系统

20 世纪 70 年代后期, 发达国家的纤维和纺织品贸易日趋成熟, 纤维和纺织品制造者都设法将纤维贸易从传统产品向高技术含量或高附加值产品方向改变。在这个时期, Matsuo^[8]提出了纤维集合体结构工程 FASE(Fiber Assembly Structure Engineering)的设计概念, 目的是建立从概念设计到制造方法设计的纺织品工程设计系统。

这一工程设计系统主要包括四大部分(见图 3): 纺织品设计模块; 制造设计模块; 产品设计数据

库; 产品加工数据库。设计包括三个步骤: 美观效果或功能设计; 基本结构设计(纤维集合体结构元素设计, 以实现第一步骤); 基本制造设计(设计制造方法, 以实现第二步骤)。为完成第二步骤的工作, 需要建立基本结构设计数据库, 主要用于开发设计过程。数据库包括五个子系统: 独立系统(力学性能信息); 中介联接系统(关于纤维集合体结构传输/分离现象之间的关系以及纤维集合体结构性能的信息); 基体-复合系统(有关材料的结构和组分, 性能和成本之间关系的信息); 美观效果系统(有关主观感觉和客观性能之间关系的信息); 纤维集合体结构系统(提供可能的结构项目和填充的结构项目)。

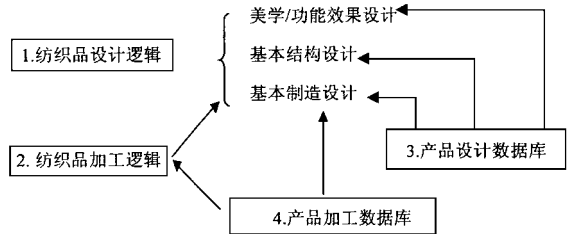


图 3 纤维集合体结构工程(FASE)设计系统的主要组成

表 1 实现新合纤织物美学效果的基本结构设计元素

美学效果	基本结构设计元素
柔软度	纱线蓬松度
悬垂性	纱线间空隙、捻度、纤维模量
硬挺度	纤维截面、纤维二级模量、纤维模量
手感	桃皮织物触感: 纤维外皮的厚度、纤维的起绒
	干触感: 纤维表面粗糙度
	精纺触感: 适当的纤维密度、浮游纤维
	仿真丝感觉: 纱芯中有适度的纤维浮游
	开司米触感: 纱线外表被浮游纤维覆盖
光泽度	纤维表面为扁平面
光泽	纤维表面扁平面的细度、卷曲; 纤维材料的折光、织物纹理; 纤维内的漫散光源
	光泽的优美程度
深着色	染色量、染色率、折射率; 纤维表面粗糙度、浮游纤维; 纤维表面扁平面; 分子改性(对阳离子染料等)
色泽	明亮的色泽: 高、低可染性的轴向分布
	混色效应: 混掺不同色泽效果的纤维
声音	丝鸣效应: 在纤维横截面边缘有沟槽形状
外观	表面纹理: 织物扁平度

Matsuo 列举了此设计概念的四个应用实例, 其中之一是关于新合纤(Shingosen)织物的设计技术, 主要包括四个设计步骤。首先定义产品特点, 需满足以下三个条件的织物定义为新合纤织物: 其主要组成是合成纤维; 具有某种美观效果, 包括某种特殊类型的手感; 由一组集成制造技术生产而成。其次是美观效果设计或功能设计, 迄今为止, 所生产

的新合纤织物所具有的共同点是较佳的柔软度、较好的悬垂性和优美的光泽,至少具有某种特殊类型的手感(如桃皮绒、干触感、精纺触感、仿真丝感觉),偶尔也加工成具有某种特殊美感和某些特殊功能(如深着色、混色效应、丝织物的声音、表面起绒等)。第三是基本结构设计。第四是基本制造设计。表1列举了确定达到指定的美学或功能效果的基本结构设计元素。

(未完待续)

参 考 文 献

- 1 Kawabata S. et al. Recent Developments in the Evaluation Technology of Fiber and Textiles Towards the Engineered Design of Textile Performance. International Technical Symposium "100 Years of Modern

- Fiber Science", Asheville, North Carolina, USA, 1998.
- 2 Peirce F. T. "Hand" of Cloth as a Measurable Quantity. Journal of Textile Institute, 1930(21): T377 ~ T416.
- 3 Hearle J. W. S. et al. On Some General Features of a Computer-Based System for Calculation of the Mechanics of Textile Structures. Textile Research Journal, 1972(42): 613 ~ 626.
- 4 Hearle J. W. S. et al. Structural Mechanics of Fibres, Yarns, and Fabrics, Wiley-Interscience, 1969.
- 5 Hearle J. W. S. et al. Mechanics of Flexible Fibre Assemblies. The Netherlands Sijthoff & Noordhoff, 1980.
- 6 Postle R. et al. The Mechanics of Wool Structures. Ellis Horwood Limited, 1988.
- 7 Hearle J. W. S. Fabric Mechanics as A Design Tool. Textile Horizons, 1994(14): 12 ~ 16.
- 8 Matsuo, T. et al. The Design Logic of Textile Products. The Textile Institute, 1997: 27.