

谢光银 编著

# 机织物设计原理



Chemical Industry Press



化学工业出版社  
材料科学与工程出版中心

# 机织物设计原理

谢光银 编著



化学工业出版社  
材料科学与工程出版中心

· 北京 ·

(京) 新登字 039 号

**图书在版编目 (CIP) 数据**

机织物设计原理/谢光银编著. —北京: 化学工业出版社, 2004. 10  
ISBN 7-5025-6185-4

I. 机… II. 谢… III. 机织物-设计-理论  
IV. TS105.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 104133 号

---

**机织物设计原理**

谢光银 编著

责任编辑: 朱 彤

文字编辑: 吴开亮 丁建华

责任校对: 顾淑云 边 涛

封面设计: 蒋艳君

\*

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)

发行电话: (010) 64982530

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

\*

新华书店北京发行所经销

北京兴顺印刷厂印刷

北京兴顺印刷厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 15½ 字数 250 千字

2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6185-4/TS·204

定·价: 30.00 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

## 内 容 提 要

本书共分十章，其中第一章至第三章为基础理论部分；第四章至第六章为与基础理论部分紧密结合在一起的实际应用；第七章为上机工艺及参数计算；第八章至第十章为布边设计、新产品设计及新产品的性能测试。

本书针对目前在机织物设计中较多地依靠经验设计的现状，采用织物几何结构的基础理论为研究方法，提出了有较好应用基础的机织物的理论设计法。该设计方法形成了一个较为完整的理论系统，能很好地应用于生产实际中。在理论研究过程中，为了更好地与实际生产的情况相吻合，方便研究与应用，本书对织物几何结构现有的理论中几何结构相的划分进行了扩展，能更好地描述各类织物所处的几何结构相状态。本书提出了一些基本的设计方法和观点，如织物几何结构相与织物织缩率的理论函数关系的建立，为条格织物的设计和为解决条格织物织造中的织疵找到了有效的途径。本书涉及面较广，不仅针对服用织物、装饰织物、产业织物等类型的织物设计及工艺计算进行了详细地阐述，同时还针对布边设计、新产品设计及产品的性能和测试进行了介绍。

本书有一定的深度、难度、广度，可作为纺织工程专业、纺织材料与纺织品设计专业的硕士研究生教材，或高等学校纺织工程专业、纺织材料与纺织品设计方向高年级选修课教材。同时，还适合于从事纺织品设计的工程技术人员阅读，并可作为实际生产中的参考用书和业务水平提高用书。

# 前 言

一直以来，机织物的设计工作几乎都处于经验设计的状态，这使得占纺织产品绝对优势的机织物的产品开发和研究与其所处的地位极不相符，只靠经验对织物进行设计存在较大缺陷。作者的老师吴汉金教授、郑佩芳教授在设计理论上作了较多研究，使作者本人在学校时从中就已学到很多东西。另外，通过对前人知识的总结和继续研究编写了本书，书中绝大部分内容是作者多年来在专业杂志上发表的学术论文。同时，还有一部分是对前辈成果的总结与修改，有的改动部分不多，主要是希望通过几代人的努力使这一方面的知识更加系统和完善，以期对实际工作有良好的作用。

本书可作为纺织工程专业高层次教育的教材，也可作为专业人员的参考用书。由于作者水平有限，书中错误在所难免，望读者批评指正。

在此，感谢我的老师吴汉金教授、郑佩芳教授及对我的成长付出过心血的老师们！感谢原刊登发表作者论文的杂志编辑们！感谢对本书有帮助的所有人员及支持本书出版的全体同仁！

作者

2004年7月

# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	1
第一节 机织物设计概述 .....	1
第二节 机织物设计原理的内涵 .....	2
<b>第二章 织物结构</b> .....	4
第一节 织物结构基础 .....	4
第二节 织物几何结构相 .....	11
第三节 织物几何结构相与紧度 .....	14
第四节 织物几何结构相与织物织缩率 .....	21
<b>第三章 织物结构相检测</b> .....	26
第一节 本色棉布几何结构相的切片检测 .....	26
第二节 几何结构方法和勃利莱经验回归法研究 机织物紧密结构的对比 .....	30
第三节 流线图在织物结构区域内的应用 .....	34
第四节 紧密结构紧度的工艺意义 .....	38
<b>第四章 几何结构的应用</b> .....	42
第一节 织物织缩率的概算 .....	42
第二节 织物紧度与织缩率的关系 .....	55
第三节 织物几何结构相特征与密度设计 .....	58
第四节 条格组织织物的密度设计法 .....	65
第五节 功能织物结构参数的设计 .....	71
<b>第五章 机织物设计</b> .....	79
第一节 毛织物密度设计 .....	79
第二节 相似织物的设计法 .....	86
第三节 机织防淤堵用土工织物设计 .....	90
第四节 机织土粒保持用土工织物设计 .....	93

第五节	配色模纹的花形设计 .....	97
<b>第六章</b>	<b>机织色织物的仿样设计与创新设计 .....</b>	<b>104</b>
第一节	仿样设计 .....	104
第二节	创新设计 .....	110
第三节	色织物的劈花与排花 .....	113
<b>第七章</b>	<b>织物规格与上机计算 .....</b>	<b>121</b>
第一节	棉及棉型白坯织物的规格与上机计算 .....	121
第二节	色织物工艺规格与上机计算 .....	134
第三节	精纺毛织物规格与上机计算 .....	144
第四节	粗纺毛织物规格与上机计算 .....	148
第五节	素丝织物规格与上机计算 .....	154
<b>第八章</b>	<b>布边设计 .....</b>	<b>168</b>
第一节	布边概述 .....	168
第二节	布边的结构分析 .....	172
第三节	布边的形成方法 .....	184
第四节	边字布边设计 .....	185
第五节	提高边道平直整齐度的措施 .....	190
<b>第九章</b>	<b>机织物新产品设计与开发 .....</b>	<b>193</b>
第一节	高收缩涤纶泡泡纱产品的开发 .....	193
第二节	填充用基布的开发 .....	196
第三节	双面高收缩涤纶丝产品的开发 .....	201
第四节	三组分大豆蛋白纤维织物的开发 .....	204
第五节	涤纶长丝里料与面料缝合抗滑移性探讨 .....	208
<b>第十章</b>	<b>织物性能测试 .....</b>	<b>212</b>
第一节	三组分大豆蛋白纤维织物性能测试 .....	212
第二节	细旦涤纶仿毛织物性能测试 .....	215
第三节	毛棉包芯纱织物性能测试 .....	220
第四节	服装里料抗滑移性测试 .....	224
第五节	织造工艺参数与织物透气性的关系 .....	230
<b>参考文献</b>	.....	<b>238</b>

# 第一章 绪 论

## 第一节 机织物设计概述

### 一、机织物的发展简况

机织物是由相互垂直的经纱和纬纱经过一定的交织规律而形成具有包裹和包缠能力的片状物。我国机织物的历史悠久，在河姆渡和钱山漾文化遗址中出土了五六千年前的织物印痕和织机零件；长沙马王堆、湖北马山遗址中出土了大量墓葬物，其中有大量的丝织物和麻织物。这有力地说明了早在 2100 年前，我国已掌握了复杂的提花和起绒的机织物织造技术。

人类纺织技术的发展随着工业革命的进步而发展，织物织造技术和生产方式由起初的手工作坊转化成工业化大生产，产品也不断丰富。我国纺织业的快速发展是在新中国成立以后，特别是改革开放以来取得的：在生产技术上达到国际较先进的水平，在生产经营上已与国际接轨，形成了资源配置合理、生产技术先进、产品花色丰富、质量优良的纺织产品生产行业，具有了参与国际市场竞争力强的行业体系。

### 二、机织物生产技术的现状

由于现代织物的生产技术、生产设备和生产方法多样化，可以将其分为机织物、针织物、非织造织物。机织物由于其力学性能相对较稳定，保型性好，因此，成为纺织品中的主要产品大类。机织物的设计与生产也愈来愈受到人们的重视，促使人们寻找更合适、更完善的机织物设计方法。

目前，在机织物设计领域，还没有一套完整而系统的设计理论，多是采用经验设计法。虽然已有专业技术人员进行了探索，并取得了一些成果，但还没有能够形成具有广泛影响力的理论体系。为了使机织物的设计更合理、更客观、更具有研究应用价值，建立起适应性较好的设计理论，对高层次产品开发和设计人员是很有必要的。



### 三、机织物设计的发展

机织物设计理论的建立，可使机织物设计有据可依，并能预测设计的织物的外观和内在质量。随着科技的进步，计算机辅助设计技术已进入了各行业，机织物设计中已有一些 CAD 辅助设计技术，但是更多地是在织物组织结构上的设计，而织物工艺及规格设计上的 CAD 技术由于设计理论不完善而发展缓慢。因此，机织物设计理论也是科学技术发展的需要。

## 第二节 机织物设计原理的内涵

### 一、机织物设计原理研究的内容

(1) 织物结构状态 织物结构状态是指织物中经、纬纱的排列状态；经、纬纱空间几何曲屈形态和经、纬纱相互配合关系；经、纬纱之间相互作用而产生的截面形状变化。

(2) 织物几何结构相 织物结构状态中，经、纬纱曲屈产生的织物结构参数的变化，包括织物中纱线的曲屈程度、不同的组织结构的织物所处的可能结构状态；各结构状态所具有的特征参数。对各类织物的所有结构状态等距离划分几个特定的结构状态点，这些结构状态点即是织物的几何结构相，用于研究织物设计的各种参数。

(3) 织物结构相的应用 将织物结构相理论与机织物设计紧密结合起来，将其应用到机织物设计的整个过程中，使机织物的设计更加科学合理，取得更好的设计效果。

### 二、机织物设计原理的研究方法

(1) 理论与生产相结合 以理论研究为主，结合生产应用的实际，使理论有效地应用到实践中，让实践检验理论，理论指导实践。

(2) 掌握技术发展新动向 只有掌握技术发展新动向，才能使用最新的技术成果、改进原有的设计理论，增加理论的广泛适应能力，或把现有理论与新的技术成果结合起来应用，创造更大的使用价值。

(3) 技术嫁接 将基础理论知识应用到相关的科学技术领域中，创立新的理论体系，或扩大应用范围，特别是在新兴的技术领域中的研究和探索。

### 三、机织物设计原理的应用

(1) 传统机织物的设计依据 将经验设计法提高到理论设计的科学水平上，减少机织物设计的盲目性，减少因个人因素造成的不良影响。

(2) 机织产业织物的设计依据 产业纺织品主要是辅助现代科学技术应用的原材料，因而在产业纺织品的设计中需要有严谨的理论体系为基础，只凭经验进行设计是难于与高科技技术相匹配的。科学的、系统的设计方法才具有长久的生命力，才能满足科学技术发展的需要。

(3) 机织物设计方案的对比和性能预测的依据 利用机织物设计原理，比较多种设计方案的优劣；预测机织物的外观特性及内在质量；预测机织物的结构参数对织物物理机械性能的影响；概算织缩率；改进织物的设计方案。

## 第二章 织物结构

### 第一节 织物结构基础

#### 一、织物内纱线的几何形态

纱线在织物中不是呈直线状态，而是呈弯曲状态，由于生产过程中的外力作用，使得纱线的截面形状并非圆形，而是以其他形状出现在织物中。

##### 1. 织物中纱线截面形状的描述

(1) 圆形 这种形状在织物中极为少见，是纱线截面形状的理想状态，是纱线的理论计算形状，又称为工艺计算形状。织物中有的纱线截面形状可近似于这种形式。

(2) 椭圆形 一种较有规则的形状，纱线截面变形后长直径与短直径及外轮廓符合椭圆形的结构特征，这种形状的近似状态比圆形要多见一些。

(3) 跑道形 纱线截面在外力作用下变形后，外形呈现两个半圆与一个矩形构成的跑道形状，这种形状在织物中不多见，但其近似状态较多，也较易研究。

(4) 凸透镜形 织物中纱线在外力作用下，其截面形状类似于凸透镜，这种形状在织物中近似形态很多。

(5) 不规则形 织物中纱线在外力作用下，其截面形状呈无规则状态，这种描述纱线形状的方式最多，与实际状态较为相合。但是有很多不规则形可以近似修正为规则形，且不规则形状给研究带来极大的麻烦，一般都以不规则形的近似规则形来进行研究。

##### 2. 影响织物中纱线截面形状的因素

(1) 纤维材料 纤维材料硬度较高，受外力作用时，其截面形状不易发生变化。

(2) 纱线的结构参数 主要是指纱线的捻系数，纱线捻系数大时，纱线中纤维抱合紧密，不易受外力发生形变。合股线的变形能力比单纱要小；单纤维长丝变形能力比复丝小；纺纱方法不同，纱线的变形能力也不同。环锭

纱中，纤维伸直度高，纱线结构紧密，纤维抱合力大，抵抗变形能力好；而新型的纺纱方法由于纤维伸直度较差，抵抗变形的能力较弱。

(3) 织物组织 织物组织的松紧，织物组织的平均浮长，织物组织的经、纬纱交叉情况都影响到织物中纱线的截面形状。当织物组织交叉次数多时，织物中纱线可移动形变能力差，在外力作用下，不易产生形变，抗压能力强。

(4) 织物密度 织物密度较小时，织物中纱线之间间隙大，即几何密度大，织物中纱线受外力挤压易产生形变；反之，则不易受压变形。

(5) 织物织造参数 主要指织物织造时的工艺参数，如上机张力、经纱位置线等。上机张力大时易产生纱线截面受压变形，易压扁。经纱位置线是决定经纱张力的一个重要因素，会影响到织物外观状态。同时，机构运动状态的配合关系也会影响到织物中纱线截面形态的压扁变形。

(6) 后整理工艺 织物后整理的方法和工艺参数严重地影响织物中纱线的压扁变形程度。后整理中，织物的张力大，织物中纱线的压扁变形程度就大，反之，如松式超喂整理则会使纱线的受压变形程度低。经过涂层整理、硬挺整理的织物，其纱线的外力压扁变形的程度就会较轻。

### 3. 织物中描述纱线截面形变的参数

(1) 压扁系数 织物中纱线受到外力挤压时，纱线截面由圆形或近似圆形变为非圆形的描述参数。纱线由圆形或近似圆形压扁成非圆形，则纱线截面会出现一个大直径，一个小直径，小直径与理论直径（圆直径）之比，则为压扁系数，用  $\mu_b$  表示（也可用  $\gamma$  表示）： $\mu_b = \text{纱线截面小直径} / \text{理论直径}$ 。

(2) 延宽系数 纱线截面由圆形或近似圆形变为非圆形，出现的大直径与理论直径（圆直径）之比，为延宽系数，用  $\mu_k$  表示（也可用  $\lambda$  表示）： $\mu_k = \text{纱线截面大直径} / \text{理论直径}$ 。

(3) 挤压面积系数 描述织物中纱线由于受力挤压截面形状发生变化后，其截面的实际面积与纱线截面理论面积的关系，用  $\mu_g$  表示： $\mu_g = \text{纱线的实际截面积} / \text{纱线的理论截面积}$ 。

(4) 纱线截面的压延比 描述纱线截面受力挤压变形后，纱线截面小直径与大直径的关系，用  $K$  表示： $K = \mu_b / \mu_k$ 。

### 4. 纱线的理论参数

(1) 理论直径 根据纱线的线密度，计算出的纱线理论直径，此时的纱线截面被认为是理想的规则圆形。纱线理论直径计算如下。

$$d = K_d \sqrt{N_t}$$

式中,  $K_d$  为常数;  $N_t$  为纱线的线密度。表 2-1 所列为部分常见纱线的  $K_d$  值。

表 2-1 部分常见纱线的  $K_d$  值

纱线种类	$K_d$	纱线种类	$K_d$
粗梳棉纱(高密度)	0.0410~0.0417	粗梳毛纱	0.0399~0.0412
粗梳棉纱(中密度)	0.0382~0.0407	亚麻纱	0.0362~0.0372
粗梳棉纱(低密度)	0.0400~0.0407	生丝	0.0366~0.0339
精梳棉纱(中密度)	0.0391~0.0401	桑蚕绢纺纱	0.0404~0.0412
精梳棉纱(低密度)	0.0384~0.0405	黏纤纱	0.0387~0.0392
精梳棉纱(特低密度)	0.0375~0.0412	棉纶丝	0.0339~0.0670
涤/棉(65/35)纱	0.036~0.039	锦纶长丝(复丝)	0.0369~0.0381
涤/棉(65/35)双股线	0.039~0.041	涤纶长丝(复丝)	0.0350~0.0378
涤/黏(65/35)纱	0.039~0.040	黏胶长丝(复丝)	0.037~0.038
涤/黏(65/35)双股线	0.041~0.043	亚麻湿纺纱	0.0348~0.0376
精梳毛纱	0.0426~0.0670		

## (2) 纱线的理论截面积 (S)

$$S = \frac{\pi d^2}{4}$$

式中,  $d$  为纱线截面的理论直径。S 也可写成:  $S = \pi K_d^2 N_t / 4$ 。

## 5. 织物中纱线的曲屈形态

(1) 织物中纱线的曲屈 织物中的纱线不是顺直的直线形而是弯曲的曲线形, 无论经、纬纱都是如此, 只是其弯曲的程度有所不同。经纱与纬纱的曲屈形态是相互影响的, 而且也存在着相关的空间曲屈和配合关系。图 2-1 (a) 所示是织物经向切片后看到的经、纬纱的曲屈及相互关系; 图 2-1 (b) 所示是另一织物纬向切片后看到的经、纬纱的曲屈及相互关系。

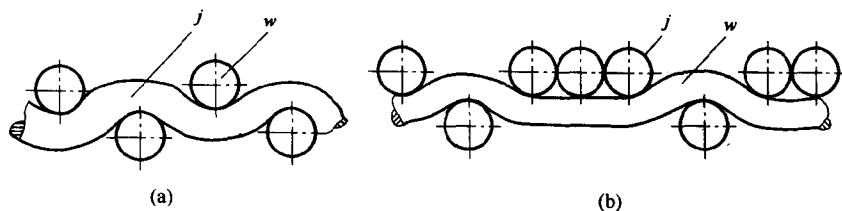


图 2-1 织物中经、纬纱的曲屈及相互关系

(2) 纱线曲屈形态的构成 织物中, 经、纬纱线的曲屈形态及相互配合

关系可以通过织物切片获得。一个纱线系统的整个曲屈状态由两部分构成，这两部分是：交叉部分和无交叉部分。图 2-1 (a) 所示为平纹织物的经向剖面图，可以看出只有交叉部分；图 2-1 (b) 所示为 3/1 斜纹织物的纬向剖面图，其曲屈形态中既有交叉部分又有非交叉的直段部分构成。任何组织的织物中纱线的曲屈形态均由这两部分构成，只是有的组织非交叉部分长，有的组织非交叉部分短，有的组织只有平纹组织而没有非交叉部分。

## 二、织物的几何结构

### 1. 织物几何结构的概念

织物中经、纬纱的空间结构形态和相互配合的关系，称为织物的几何结构。由于纱线原料、纱线线密度、织物密度、织物的组织结构等不同，纱线的空间配合关系非常复杂，因此，研究织物的几何结构都会在一定的假设条件下进行。

### 2. 织物中纱线的曲屈波及曲屈波高

(1) 纱线的曲屈波 纱线在织物中所呈现的几何空间形态，类似于一种类型的机械波，将这种波称为织物中纱线的曲屈波，一般简称曲屈波。织物中纱线的结构形态经过一定的假设条件化简后，纱线的曲屈波是三角函数正(余)弦波类及其复合形态。

(2) 纱线的曲屈波高 纱线在织物中弯曲形成曲屈波，波峰与波谷的垂直距离称为织物中纱线的曲屈波高。曲屈波高分为经纱的曲屈波高，用  $h_j$  表示；纬纱的曲屈波高，用  $h_w$  表示。图 2-2 所示是平纹织物纬向的剖面图，经纱不弯曲，纬纱弯曲，经纱不弯曲是直线，没有波峰波谷， $h_{j1} = 0$ ， $h_{w1} = d_w/2 + d_j + d_w/2 = d_j + d_w$ ；当织物的经、纬纱都产生了弯曲，形成曲屈波， $h_{j2} > 0$ ， $h_{w2} < d_j + d_w$ 。可见， $h_j$  由 0 变为大于 0， $h_w$  由  $d_j + d_w$  变成小于  $d_j + d_w$ ，即  $h_j$  的变化将引起  $h_w$  的变化，两者是互动的。

从这一平纹织物结构状态中纱线曲屈状态的变化图可看出， $O_1O_2O_3$  是织物处于的一种状态：经纱不弯曲，纬纱弯曲。此时， $h_{w1}$  最大， $h_{w1} = d_j + d_w$ ， $h_{j1} = 0$ 。现由于纬纱的张力作用经纱也弯曲，以  $O_2$  为圆心， $O_2O_3$  为半径将  $O_3$  转到  $O_4$  状态，此时经、纬纱曲屈状态如图 2-2 中  $h_{j2}$ 、 $h_{w2}$  所示。经纱的曲屈波高增加了  $h_{j2}$ ，纬纱的曲屈波高减少了  $h_{w1} - h_{w2}$ 。因为  $O_2D = O_4C$ ， $DE = CF$ （同一织物中，同一系统的纱线到另一系统的纱线的垂直距离相等），所以有

$$O_2 E = O_4 F$$

$$h_{j2} = O_2 D + DB = (d_j + d_w) / 2 + O_4 F$$

$$h_{w1} - h_{w2} = (d_j + d_w) / 2 + O_2 E$$

$$\Delta h_j = h_{j2} - h_{j1}, \Delta h_w = h_{w1} - h_{w2}$$

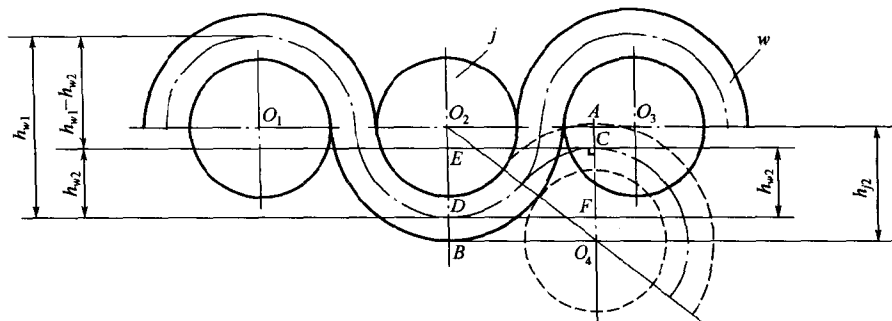


图 2-2 织物纱线曲屈状态变化

可见,  $\Delta h_j = \Delta h_w$ 。  $\Delta h_j$  是经纱增加的曲屈波,  $\Delta h_w$  是纬纱减少的曲屈波。因此, 经纱曲屈波的变化量与纬纱曲屈波的变化量相等, 一个纱线系统曲屈波的增加量就是另一纱线系统曲屈波高的减少量。经、纬纱的曲屈波高是等量互动的。  $h_{w1} - h_{w2} = h_{j2} - h_{j1}$ ,  $h_{j1} + h_{w1} = h_{j2} + h_{w2}$ 。织物的经、纬曲屈波高之和是一恒等式, 即  $h_j + h_w \equiv d_j + d_w$ 。

(3) 织物中纱线曲屈波的连续性质 织物中纱线的曲屈形态是任意变化的, 即纱线可以由完全伸直到完全弯曲。在这个变化过程中, 没有不可能的状态, 因此, 织物中纱线的曲屈波状态是连续变化的无限变化。  $h_j + h_w = d_j + d_w$ , 可见织物中经、纬纱的曲屈波是在一定范围内的连续变化。

实际上, 纱线在织物中不可能不产生弯曲, 不弯曲的状态是一个假设的临界状态, 从这个状态开始, 织物中的纱线可以呈现任何状态的弯曲, 直到另一纱线系统完全伸直的临界状态, 其变化状态如图 2-3 所示。

图 2-3 (a) 所示为经纱不弯曲, 纬纱弯曲的结构状态。这一状态过后, 经、纬纱都要弯曲, 最后过渡到经纱弯曲, 纬纱不弯曲的结构状态, 这之间还要经过经、纬纱的表面平齐的经、纬纱结构弯曲状态, 如图 2-3 (b)、图 2-3 (c) 所示。这三种曲屈状态, 也是织物几何结构状态的三个特殊的结构状态。

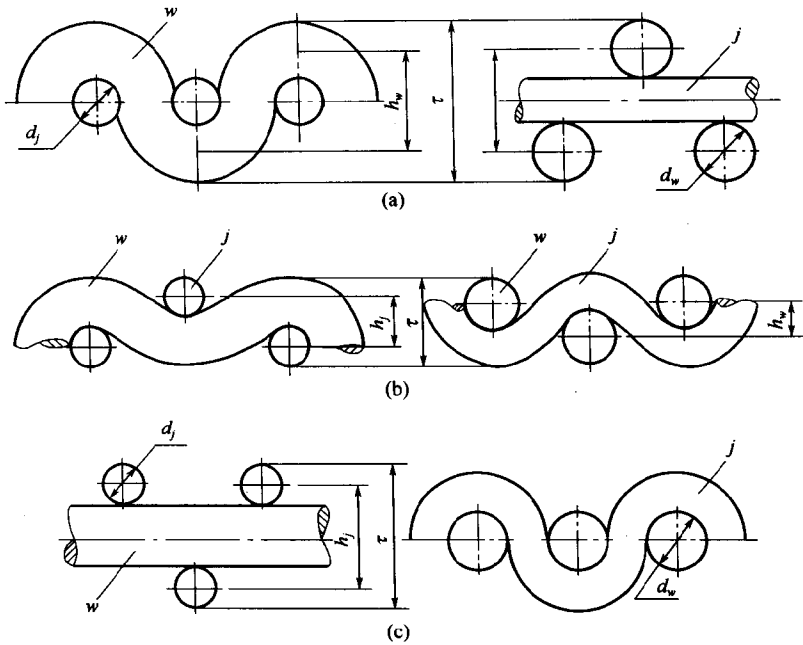


图 2-3 织物三种结构状态的剖面图

### 3. 织物厚度

(1) 织物厚度 织物厚度是指织物正、反面之间的垂直距离，用  $\tau$  表示。织物厚度的测量方法不同于常规刚体尺寸的测量，因为织物是柔性的，所以测量时应使用专用测量仪器进行测量才能准确无误。

(2) 织物厚度与曲屈波的关系 织物的经、纬曲屈波之和是织物经、纬纱直径之和。即  $h_j + h_w = d_j + d_w$ 。当  $h_j = 0$  时， $h_w = d_j + d_w$ ，此种状态是经纱不弯曲，纬纱弯曲到最大程度，如图 2-3 (a) 所示；当  $h_w = 0$  时， $h_j = d_j + d_w$ ，此种状态是纬纱不弯曲，经纱弯曲到最大程度，如图 2-3 (c) 所示；当  $h_j = d_w$ ， $h_w = d_j$  时，此种状态是经、纬纱都弯曲，其弯曲程度存在一种特殊的关系，如图 2-3 (b) 所示。由图 2-3 (a) 中经向剖面图、图 2-3 (c) 中的纬向剖面图可以明显地看出，织物中经纱或纬纱不弯曲，当经纱或纬纱只要出现弯曲，根据其自然受力原理，织物剖面的两表面间的垂直距离就会变短，即织物就会变薄。图 2-4 所示是一织物经向剖面图， $OO_1$  是经纱不弯曲时，相邻两根纬纱的纱心连线。现要使经纱弯曲，经纱以  $O$  为圆心，



$OO_1$  为半径，转到  $O_2$ （只能向这一方向转动，因为纱线是柔性的，自然受力），从图中可看出， $\tau_1 = 2d_w + d_j$ ，而转到  $O_2$  后， $\tau_2 = d_j + d_w + \Delta\lambda$ 。由于  $\Delta\lambda < d_j$ ，实际织物中  $d_j \leq d_w$ ，可见  $\tau_1 > \tau_2$ ，织物变薄。同理，纬向剖面图中经纱弯曲，纬纱不弯曲时， $\tau_1 = 2d_j + d_w$ ，可以得出相同的变化趋势。由此可见，织物在经纱不弯曲而纬纱弯曲，或经纱弯曲而纬纱不弯曲时是织物的最厚状态。如图 2-3 (b) 所示，可以看出：织物经、纬纱处于同一平面， $\tau = d_j + d_w$ ，用与图 2-4 相同办法可以得出，此时的织物厚度  $\tau$  最小。

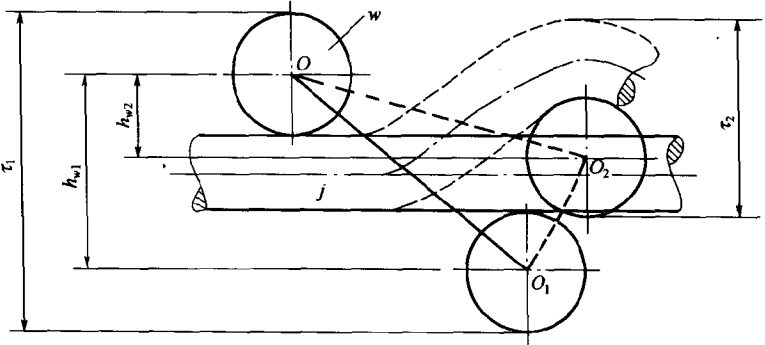


图 2-4 织物的曲屈波与厚度的关系

(3) 三种结构状态的织物结构参数 三种结构状态是指：经纱不弯曲、纬纱弯曲；经、纬纱都弯曲，且经、纬纱表面平齐；经纱弯曲，纬纱不弯曲。对经纱不弯曲，纬纱弯曲的状态： $h_j = 0$ ， $h_w = d_j + d_w$ ， $\tau_1 = 2d_w + d_j$ 。对经、纬纱都弯曲的状态，且经、纬纱表面平齐： $h_j = d_w$ ， $h_w = d_j$ ， $\tau = d_j + d_w$ 。对经纱弯曲，纬纱不弯曲的状态： $h_j = d_j + d_w$ ， $h_w = 0$ ， $\tau = 2d_j + d_w$ 。

(4) 织物厚度变化范围 织物最薄的状态为  $\tau = d_j + d_w$ ；当经纱不弯曲，纬纱弯曲时，织物最厚为  $\tau = 2d_w + d_j$ ；当经纱弯曲，纬纱不弯曲时，织物最厚为  $\tau = 2d_j + d_w$ 。所以织物厚度变化范围是： $(d_j + d_w) \sim (d_j + 2d_w)$  和  $(d_j + d_w) \sim (2d_j + d_w)$ 。当经、纬纱直径相等时，即  $d_j = d_w$  时，织物厚度  $\tau \in [2d, 3d]$ 。

(5) 织物的支持面 织物的支持面是指与外界直接接触产生摩擦作用的纱线系统。当纬纱的表面与外界接触时，称为纬支持面织物，纬支持面织物是  $h_j < d_w$ ， $h_w > d_j$  的状态；当经、纬纱表面均与外界接触时，称为等支持面织物，等支持面织物是  $h_j = d_w$ ， $h_w = d_j$  的状态；当经纱表面与外界接触