

青岛纺织工程与管理

Qingdao Textile Engineering and Administration

2013 年第十二期 (总第 60 期)

青岛市纺织工程学会 主办

锦桥纺织网 协办

qtlei@sina.com

本期目录

论壳聚糖纤维织物及其性能	1
测定纺织品中壳聚糖纤维含量的方法	7
碳纤维复合材料火箭发动机壳体用韧性环氧树脂基体	11
织物分析	25
小知识	36

论壳聚糖纤维织物及其性能

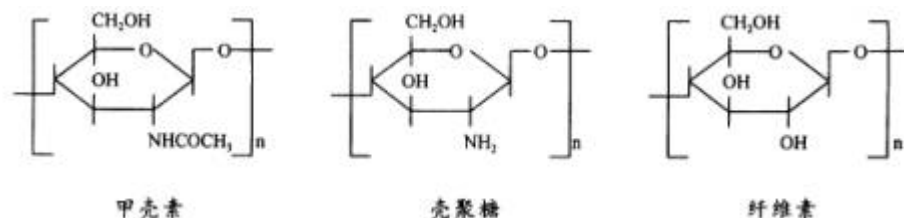
董瑛（山东潍坊二印纺织印染有限公司）

[摘要]通过介绍壳聚糖纤维的生产状况和抗菌原理，分析了壳聚糖纤维织物的保健、抗菌作用。生产试验结果表明，壳聚糖纤维混纺织物具有若干生物和染整加工特性。

[关键词]壳聚糖纤维;甲壳素;织物;抗微生物整理

1、引言

在自然界中，甲壳素的年生物合成量为 1000 亿 t 以上，是一种仅次于纤维素、蕴藏量极为丰富的有机再生资源。壳聚糖(Chitosan)是甲壳素(Chitin)脱乙酰基程度比较高的产物，乙酰基脱去 55%以上的甲壳素称为“壳聚糖”。工业品壳聚糖脱乙酰度(即甲壳素分子中脱去乙酰基的链节数占总链节数的百分比)一般在 70%以上[1]。组成壳聚糖的基本单位是 D-葡胺糖，其结构与纤维素十分相似。



由于甲壳素分子结构中-O…H-O-型及-O…H-N-型氢键的作用，大分子链间存在着有序结构，导致甲壳素不能溶化，也难溶于一般溶剂中，这就给其纤维生产

带来了不便。在浓碱溶液中加热甲壳素粉末，将发生 N-乙酰氨基转变为氨基的脱乙酰基反应，生成能溶于酸溶液的壳聚糖，为其纤维生产提供了可能。壳聚糖的理论含氮量为 8.7%，而目前多数壳聚糖的含氮量仅在 7%左右，说明 100%脱乙酰化较难达到[2]。而脱乙酰度越高，制成纤维的活性就越高，抗菌效果也越好。

2、壳聚糖纤维的生产状况

目前，生产甲壳素、壳聚糖纤维的方法大致有交联法、涂层法、多聚体法、克莱比昂法和湿法纺丝法。现简述如下：

①交联法是利用交联剂，使壳聚糖与棉纤维结合而制得的纤维，有人认为该方法因采用化学助剂而失去了天然产品的特性。

②涂层法是将一般纤维在壳聚糖溶液中浸渍后，经脱水、干燥而制得纤维，但存在着随洗涤次数增加而导致抗菌效果下降的问题。

③多聚体法(Chitopoly)是将壳聚糖磨成微细粉末($<5\mu\text{m}$)后，混入一般纤维内而制得纤维。由于微细粒子的混入，引起纤维的部分物理指标下降，目前有日本富士纺织株式会社等公司采用该法。

④克莱比昂法(Crabyon)是将人造纤维原料与甲壳素以 7:3 比例混合，再利用共同的溶剂、经纺丝制得的纤维。由于生产采用的是甲壳素，其抗菌效果与壳聚糖相比要低一些，现有日本 Omikanshi 公司采用此方法进行生产。

⑤湿法纺丝法是将壳聚糖溶解在溶剂中配成纺丝原液，经喷丝于凝固浴中制

成固态原丝，再经拉伸、洗涤、干燥等后处理而得到纤维成品。目前此法得到了较多的应用，且都用脱乙酰度在 80%-90%范围内的壳聚糖为原料，但生产规模较小。

韩国企业于 1999 年采用 97%-100%脱乙酰度的壳聚糖进行了工业化湿法纺丝生产，年产量已达到 54t。2000 年，我国采用湿法纺丝生产壳聚糖纤维的年生产能力为 180t。目前，所有生产壳聚糖纤维方法的共同缺点是成本太高，如日本等国家的高级医疗用壳聚糖纤维制品，大多按 1000 美元/kg 以上的价格在销售；国内壳聚糖纤维(脱乙酰度 80%-100%)的售价为 1000-2300 元/kg。

由工业化生产、按湿法纺丝制得的壳聚糖纤维(脱乙酰度 97%-100%)，其湿态强度可达 4.3cN/dtex，干态强度达 6.3cN/dtex，断裂伸长率 26%，熔点 360℃，标准状态下纤维的含水率 13.0%-13.8%，吸水率 65%(参见表 1)。

表 1 湿法纺丝壳聚糖(脱乙酰度 85%)纤维性能指标

细 度 (dtex)	断 裂 强 力 (cn/dtex)	断 裂 伸 长率(%)	断 裂 强 度 不 匀率(%)	断 裂 伸 长 不 匀 率 (%)	pH 值	含 水 率 (%)
1.4-1.8	>1.5	12-14	<15	<20	7-8	13
>1.8	>1.2	10-12	<15	<20	7-8	13

3、壳聚糖纤维及其织物的抗菌保健作用

壳聚糖纤维具有明显的生理保健和抗菌作用，这些作用主要表现在以下几个

方面:首先是壳聚糖有利于抗菌酶的增生,当穿着壳聚糖纤维织物时,壳聚糖纤维与皮肤接触,能杀死各种细菌的溶菌酶数量在皮肤上增加 1.5-2.0 倍。溶菌酶的大量生成,大大抑制了有害菌的生长,同时激活了使皮肤再生的有丝分裂原,进而能促进人体皮肤再生。其次是抗霉作用,脱乙酰度 99%的壳聚糖在 0.15%的低浓度条件下,对霉菌进行 4 天的培养,使无霉菌孢子增殖,壳聚糖的浓度和纯度越高,效果越明显。第三是其保湿性,在壳聚糖的分子结构内部,含有许多羟基、氨基等极性基团,单位化学基团的电荷、极性基密度大,保湿力高,可以有效地防止静电。第四是壳聚糖的抗菌作用,它对大肠杆菌、枯草杆菌、金黄葡萄球菌、乳酸杆菌等多种常见菌种有很好的抗菌作用[3]。有资料表明,壳聚糖含量为 0.5%时,对金黄葡萄球菌的抑菌率为 86%;含量为 2.0%以上时,抑菌率接近 100%。壳聚糖对大肠杆菌、金黄葡萄球菌的最小生育阻止浓度(MIC)为 10-20mg/kg,对灰霉菌、斑点霉菌的 MIC 为 10mg/kg,显示出非常高的抗菌性。

壳聚糖纤维的抗菌、抗霉原理较为复杂,一般认为,壳聚糖分子中的氨基阳离子与构成微生物细胞壁的唾液酸或磷脂质阴离子发生离子结合,束缚了微生物的自由度,阻碍其生育。壳聚糖分子还能分解成低分子,渗透到微生物细胞壁内,阻碍遗传因子从 DNA 到 RNA 的转移,从而阻止了细菌或霉菌的发育。日本有试验表明,壳聚糖纤维(脱乙酰度 > 97%)对金黄葡萄球菌(ATCC6538)的抑菌率为 99.9%。壳聚糖纤维织物还具有耐久抗菌效果,有试验结果表明,壳聚糖纤维(脱乙酰度 > 97%)/棉混纺织物(棉 97%,壳聚糖纤维 3%)水洗前对金黄葡萄球菌的抑

菌率为 99.9%，水洗 20 次后为 99.8%，抑菌率居高不下。

山东省卫生防疫站卫生检测中心采用 FZ/T01021-92 织物抗菌性能试验方法，对潍坊二印纺织印染有限公司生产的壳聚糖纤维(脱乙酰度>97%)7%/棉 93%混纺活性染料染色针织物(60S/2，200g/m²)进行了金黄葡萄球菌抗菌性能定量试验，结果表明其抑菌率为 99.3%。

采用连续平幅染整加工方式，对纤维含量分别为 T63.2%/C34.3%/壳聚糖纤维 2.5%的 14.5/14.5 +433/299 +119cm 府绸和棉 97.5%/壳聚糖纤维 2.5%14.5/14.5 +535/283 +119cm 平布进行实际生产加工后发现，其对大肠杆菌和金黄葡萄球菌的抗菌效果显著。由表 2、表 3 可见，壳聚糖纤维与棉和涤棉混纺织物的对大肠杆菌的 20min 平均抑菌率分别为 92.86%和 93.27%，对金黄葡萄球菌的 20min 平均抑菌率分别为 99.92%和 98.23%，由此可见，壳聚糖纤维棉织物与壳聚糖纤维涤棉织物的抗菌效果基本相同。壳聚糖纤维混纺织物对金黄葡萄球菌的抗菌效果好于对大肠杆菌的抗菌效果。

表 2 壳聚糖纤维(脱乙酰度>97%)织物对大肠杆菌的抗菌效果

织物	不同作用时间下的平均抑菌率(%)	
	5min	20min
活性轧染棉混纺织物	91.91	94.27
双氧水漂白棉混纺织物	91.36	91.45
平均值	91.64	92.86

分/还轧染涤棉混纺织物	93.18	93.36
分/活轧染涤棉混纺织物	91.73	93.18
平均值	92.46	93.27

注:抗菌实验方法 GB15979-1995 一次性卫生用品卫生标准(下同)。实验菌液浓度(cfu/mL) 2.2×10^4 , 检测温度 20℃, 相对湿度 56%。

由于壳聚糖纤维呈阳离子性和具有高度的化学活性, 对活性染料等纤维素纤维染色用的染料有很好的染着性和上染率。壳聚糖纤维混纺织物适用于活性染料及分/活、分/还等染色处理, 也能用其生产出理想的漂白产品。但壳聚糖纤维的上染速率较快, 这给其混纺织物的匀染带来了一定的困难。

通过对壳聚糖纤维(脱乙酰度 > 97%) 含量为 1% 的棉织物和涤棉织物印染成品的抗菌实验, 还发现当壳聚糖纤维在织物中的含量为 1% 时, 织物对金黄葡萄球菌有抗菌效果, 对大肠杆菌则无抗菌效果(抑菌率 < 40% =, 这说明在壳聚糖纤维混纺织物中, 壳聚糖纤维的含量对其抗菌作用是有明显影响的。进一步改善壳聚糖纤维的物理指标, 提高其可纺性, 在纺纱、织造、染整加工过程中保证壳聚糖纤维的有效含量, 是值得我们今后深入研究的课题。

表 3 壳聚糖纤维(脱乙酰度 > 97%) 织物对金黄葡萄球菌的抗菌效果

织物	不同作用时间下的平均抑菌率 (%)	
	5min	20min
活性轧染棉混纺织物	100.00	100.00

双氧水漂白棉混纺织物	98.06	99.84
平均值	99.03	99.92
分/还轧染涤棉混纺织物	95.81	96.45
分/活轧染涤棉混纺织物	99.03	100.00
平均值	97.42	98.23

注:实验菌液浓度 (cfu/ml) 2.0×10^4 , 检测温度 20℃, 相对湿度 56%。

4、结语

壳聚糖纤维织物的研究开发在我国尚属起步阶段, 而壳聚糖纤维织物的若干优良性能已不断引起人们的兴趣。随着生态纺织品及生态加工技术的兴起, 这一新兴纺织品必将得到不断地开发应用, 其纤维功能化原理、纺丝工艺技术、织造和染整加工技术等也将得到深入研究。

测定纺织品中壳聚糖纤维含量的方法

周家村, 胡广敏(山东华兴纺织集团有限公司)

前言

壳聚糖纤维是目前唯一带正电荷的动物再生纤维, 具有良好的通透性、保湿型、吸附汗臭的物理性能。当它与人体皮肤接触时与皮肤细胞有良好的亲和性、

无免疫原性，能使皮肤的溶菌酶增生 1.5~2 倍，提高人体的免疫力，促进皮肤的嫩滑。目前它正广泛应用于医药领域、纺织品领域、其它工业领域。但目前用壳聚糖纤维制备的功能纺织品还没有一个准确测定其中有效成分壳聚糖含量的方法。因此，如何测定纺织品中壳聚糖纤维含量是一个需要解决的问题，也是我们国家质监部门监管含壳聚糖纤维纺织品的一个瓶颈限制，急需解决。

1 理论依据

胶体滴定法是一种测定水溶液中聚电解质带电基团的容量分析法。壳聚糖在稀酸中溶解，在氨基上结合酸分子或结合 1 个 H^+ 而带上阳电荷，形成带阳电荷的聚电解质。

聚电解质在水溶液中遇到带有相反电荷的聚电解质时，彼此之间会以一定的化学计量关系发生电中和反应，形成中性的缔合物，最终形成沉淀。

利用化学结构、分子量和浓度已知的带电荷的聚电解质来测定壳聚糖的带电基团数量，这就是胶体滴定法测定壳聚糖的氨基含量的理论依据，用目测法来判定滴点终点。

方法中阴离子聚电解质聚乙烯硫酸钾 (Potassium Polyvinyl Sulfate, PVSK) 作为滴定剂，用带阳电荷的蓝色有机染料甲苯胺蓝为指示剂。利用甲苯胺蓝 (Methylthioninium Chloride, T. B) 为指示剂是因为它带正电荷，在酸性溶液中不与壳聚糖发生电荷中和反应，但它可与带负电荷的聚乙烯硫酸钾结合，不过，这种结合滞后于正、负聚电解质之间的反应。在滴定终点前，溶液为蓝色，到达终点时，过

量的聚乙烯硫酸钾立即与甲苯胺蓝反应，从而使溶液由蓝色变成紫红色，并生成絮状沉淀，由于颜色转变很灵敏，色变明显，所以可以准确判定滴定的终点。

2 实验方法

(1) 称取恒重且不大于 2g 待测纺织品，记为 w 。将其放置于锥形瓶中，加入 1% 的醋酸溶液 100ml 溶解待测纺织品中的壳聚糖纤维，待用；

在所述溶解过程中，最好搅拌待测纺织品 4 小时，然后静置 0.5 小时：这样可以使待测纺织品中的壳聚糖纤维在醋酸溶液中充分溶解。

(2) 称取 2.1 待用溶液 (w_3) 5g 放入另一个锥形瓶中，再加入去离子水 50ml，后加入 2-3 滴甲苯胺蓝指示剂，待用；

(3) 把磁力转子放入所述 2.2 盛有待用溶液的锥形瓶中，再将所述锥形瓶放置在磁力搅拌器上；边搅动边将聚乙烯硫酸钾滴定液滴入，溶液由蓝色变为紫红色，并在 20s 内不褪色并出现絮状沉淀物，即为滴定终点，读取聚乙烯硫酸钾滴定液的滴定体积 V_1 ：

在滴入聚乙烯硫酸钾滴定液过程中，滴定速度最好控制在 0.03ml / s，若滴定速度过快，往往会出现暂时的滴定终点现象。

(4) 取与 2.2 相同数量的去离子水，按上述同样的方法进行空白滴定，读取聚乙烯硫酸钾滴定液的滴定体积 V_2 。

(5) 按下式计算纺织品中壳聚糖纤维的含量：

$$W_1 = C \times f \times (V_1 - V_2) \times 0.001 \times 161.15 \times 100 / W_3$$

$$W_2 = C \times f \times (V_1 - V_2) \times 0.001 \times 203.19 \times 1001 W_3 \times (1 - D \cdot D) / D \cdot D$$

$$g = (W_1 + W_2) / W \times 100\%$$

C—聚乙烯硫酸钾滴定液的物质量的浓度，0.0025mol / L

f—英文：factor，聚乙烯硫酸钾滴定液的系数

w₁——待测物中壳聚糖纤维脱去乙酰基的纤维重量，g

w₂——待测物中壳聚糖纤维未脱去乙酰基的纤维重量，g

V₁——2.3 聚乙烯硫酸钾滴定液的滴定量，ml，

V₂——2.4 聚乙烯硫酸钾滴定液的滴定量，ml，

w₃——2.2 称取的溶液的重量，指 5g

w—待测物的克数，g

161.15——壳聚糖中一个糖单元的相对分子质量

203.19——甲壳素中一个糖单元的相对分子质量

D·D—壳聚糖(纤维)的脱乙酰度(deacetylation degree, 缩写为 D·D)

g—纺织品中壳聚糖纤维的含量，%

3 实验部分

(1) 称取恒重的壳聚糖纤维 / 纽代尔黏胶 / 棉的比例是 10 / 30 / 60 的待测纺织品 1g，其成分中壳聚糖纤维的脱乙酰度(D·D)为 93%，按上述试验方法进行实验。测得 V₁=11.23ml；V₂=0.15ml；带入 2.5 公式得：g=9.88% 其误差为 0.12%。

(2)称取恒重的壳聚糖纤维 / 棉的比例是 15 / 85 待测纺织品 0.6g, 其成分中壳聚糖纤维的脱乙酰度(D·D)为 93%, 按上述试验方法进行实验。测得 $V_1=10.30\text{ml}$; $V_2=0.15\text{ml}$; 带入 2.5 公式得: $g=15.07\%$ 其误差为 0.07%。

4 结论

通过以上实验可以看出, 利用简单的实验仪器、方便的操作步骤、灵敏的显示滴定终点, 准确的计算出实验结果。并且其结果误差很小, 产生误差的原因主要有: (1)混纺织物中存在不匀率问题; (2)因人的视觉误差导致滴定终点存在差异; (3)因人的视觉误差导致读取仪器刻度时存在差异。

碳纤维复合材料火箭发动机壳体用

韧性环氧树脂基体

韩冰、陈平

1 前言

随着航空航天工业的迅速发展, 对材料的要求也日益苛刻, 一个国家新材料的研制与应用水平, 在很大程度上体现了一个国家的国防和科研水平, 因此许多国家都把新材料的研制与应用放在科研工作的重要地位。

1.1 先进复合材料用碳纤维及环氧树脂基体的研究进展

1.1.1 碳纤维的研究应用进展

碳纤维是先进复合材料中最重要的增强材料, 世界各国对发展碳纤维都

给予了高度重视。国外碳纤维在经历了 90 年代初期的相对稳定后，进入了一个发展的新阶段，其发展特点可归纳为以下四个方面：

(1) 碳纤维进入高速发展的新时期

80 年代，世界上碳纤维的年增长率约为 29。90 年代初，随冷战的结束和军费开支的削减，碳纤维的需求量一度受到严重影响。近年来，碳纤维需求量又不断增加。国外预测，在今后几年内，碳纤维的需求量随新应用领域的开发将会成倍增长。因此，国外碳纤维主要生产公司都纷纷建立新的生产线，以扩大其生产能力。

(2) T-700 将取代 T-300 成为最主要的碳纤维品种

日本东丽公司是世界上研制生产碳纤维最有代表性的公司。东丽公司过去生产的 T-300 是应用得最广泛的代表性碳纤维，已广泛应用于航空航天工业。但 T-300 将逐步被 T-700S 所取代。东丽公司目前重点开发 T-700S 和 M30S 碳纤维。T-700S 和 M30S 都是不打捻碳纤维，属高强中模型，它们有较好的分散性，加工性能也较好。这两种碳纤维都有较高的效费比。

(3) 碳纤维价格大幅度降低

碳纤维价格是制约碳纤维发展的主要因素。世界上碳纤维生产公司都在致力于降低碳纤维价格。美国岩石山研究所(ROCKY MOUNTAIN INSTITUTE)对汽车工业应用的碳纤维作了研究分析，结论是：“当碳纤维价格降至每千克 16.5 美元以下时，碳纤维与钢材相比就有竞争性了”。

美国卓尔泰克(ZOLTEK)公司碳纤维的售价是当前世界上最便宜的。卓尔泰克(ZOLTEK)公司还在进一步努力，它的目标是到 2000 年把碳纤维价格降到每千克约 11 美元。美国卓尔泰克(ZOLTEK)公司降低碳纤维价格的主

要措施是降低碳纤维用的原丝成本，该公司已经掌握了用一般纺织用的丙烯腈原丝来生产碳纤维的技术，这为广泛应用碳纤维创造了条件，也为高速发展碳纤维奠定了基础。

(4) 新的应用范围不断开辟

国外预测碳纤维除了在航空航天以及体育用品进一步应用外，在近年内还将扩大开辟新的应用领域，包括土木建筑、交通运输、汽车、能源等领域将会大规模采用工业级的碳纤维。国外预测认为虽然目前宇航级的碳纤维多于一般工业用碳纤维，但 1999 年以后，一般工业用的碳纤维就会超过宇航级碳纤维，1997~2000 年，宇航级碳纤维的年增长率估计是 31，而工业用碳纤维增长率估计会达到 130。

1.1.2 环氧树脂的研究应用进展

为了适应航空航天领域日益苛刻的要求，通用环氧树脂已不能满足要求，世界各国都在致力于开发各种高性能环氧树脂，以便于开发同高性能增强材料（如芳纶、碳纤维等）相匹配的树脂体系。但总结起来，大都是在保证环氧树脂优异的工艺性的前提下，实现环氧树脂的多官能化，以改善其固化物的耐热性和粘接性。

比较常用的有 4, 4'-二氨基二苯甲烷四缩水甘油胺 (TGDDM)，鉴于性能价格比，它可能是最实用的高性能环氧树脂。它具有优良的耐热性，长时高温性能和机械强度保持率，固化收缩低，化学和辐射稳定性好，还可用于高性能结构胶粘剂，结构层压板和耐高能辐射材料，国内外有许多学者从事 TGDDM 环氧体系的研究与开发工作，并取得了较大成绩。

特别值得指出的是，我国科技工作者经多年研究，开发了商品名为

TDE-85 的三官能团环氧树脂，其化学名为 4, 5-环氧己烷-1, 2-二甲酸二缩水甘油酯，其分子中含有两个反应活性高的缩水甘油酯基和一个反应活性与前者差别很大的脂环环氧基。该树脂是一种工艺性、耐热性均很优异的高性能环氧树脂，西北工业大学、哈尔滨玻璃钢研究所等单位用 TDE-85 环氧树脂为基体材料制作的复合材料，应用在某些有特殊需要的产品上已获得令人满意的结果。

1.2 碳纤维增强树脂基复合材料及其在航空航天中的应用

复合材料正在迅速发展成为航天航空工业的基本结构材料。高性能聚合物基复合材料在航空航天工业的用量占其全部用量的 80。由于碳纤维具有高比强度、比模量、低热膨胀系数和高导热性等独特性能，因而由其增强的复合材料用作航空航天结构材料，减重效果十分显著，显示出无可比拟的巨大应用潜力。

1.2.1 在航天飞机上的应用

碳纤维增强树脂基复合材料用做航天飞机舱门、机械臂和压力容器等。

1.2.2 在火箭与导弹上的应用

在火箭和导弹上使用碳复合材料减重效果十分显著。因此，采用碳纤维复合材料将大大减轻火箭和导弹的惰性重量，既减轻发射重量又可节省发射费用或携带更重的弹头或增加有效射程和落点精度。

1.2.3 在人造卫星上的应用

人造卫星展开式太阳能电池板多采用碳复合材料制作。

1.2.4 在航空工业上的应用

随着碳纤维和基体树脂性能的不断提高，碳纤维增强树脂基复合材料的

耐湿热性和断裂延伸率得到显著改善和提高。在飞机上的应用已由次承力结构材料发展到主承力结构材料，拓宽了在飞机工业中的应用。

1.2.5 隐身材料

新型隐身材料对于飞机和导弹屏蔽或衰减雷达波或红外特征，提高自身生存和突防能力，具有至关重要的作用。在雷达波隐身材料方面，除涂层外，复合材料作为结构隐身材料正日益引起人们的关注，主要为碳纤维增强热固性树脂基复合材料（如 C/EP、C/PI 或 C/BMI）和热塑性树脂基复合材料（如 C/PEEK，C/PPS），目前已经得到了某些应用。

1.3 固体火箭发动机壳体的研究进展

固体火箭发动机是当今各种导弹武器的主要动力装置，在航空航天领域也有相当广泛的应用。标志高性能固体发动机的主要特征是：“高能、轻质、可控”，这三者都是以先进材料为基础和支柱框连起来的，固体火箭发动机壳体自开发应用至今，大致经过了以下几个阶段。

1.3.1 金属材料

金属材料是最早应用的固体火箭发动机壳体材料，其中主要是低合金钢。其优点是成本低、工艺成熟、便于大批量生产，特别是后来在断裂韧性方面有了重大突破，因此即便新型复合材料发展迅速，但在质量比要求不十分苛刻的发动机上仍大量使用。

1.3.2 玻璃钢

利用纤维缠绕工艺制造固体发动机壳体，是近代复合材料发展史上的一个重要里程碑，但玻璃钢比强度仍不是很高，弹性模量也偏低，继后已逐渐为芳纶及碳纤维复合材料取代。

1.3.3 芳纶复合材料

芳纶是芳族有机纤维的总称，最早问世的是美国的凯夫拉-49，属于全对位的聚芳酰胺纤维。它的强度是铝的 2 倍，而密度仅为其 1/2，弹性模量是 E 玻璃纤维的 2 倍。因此自 70 年代问世后立即用于美国 MX、“潘兴-2”等战略战术导弹和各种航天用固体发动机，一度居于统治地位。

前苏联也开发了多个芳纶品种，如 CBM、APMOC 性能优于美国。APMOC 纤维强度比凯夫拉高 38，模量高 20，是目前实际使用中性能最高的芳纶纤维，达到美国第三代碳纤维水平，已用于前苏联 SS-24，SS-25 等洲际导弹。据报道近年来又有新的发展，强度已达到 6.9GPa，模量接近 200GPa。

1.3.4 碳纤维复合材料

80 年代中期以来，碳纤维开发迅猛发展，性能水平大幅度提高，抗拉强度由初期的 2.5GPa 提高到目前的 7.0GPa，并且有了优良的表面处理剂和树脂基体的配合，强度转化率提高到 85~95，碳纤维的应用使壳体强度和刚度大为改观，而大规模生产又使碳纤维价格有了较大幅度的下降，因此当前先进固体发动机均优先选用碳纤维复合材料壳体。固体发动机壳体使用的大都是高强中模碳纤维。根据键能和键密度计算得出的单晶石墨理论强度高达 150GPa，因此碳纤维进一步开发的潜力是巨大的，它将是下世纪初固体发动机壳体的主要材料。

1.3.5 树脂基体

环氧树脂由于性能优异，数十年来一直是火箭发动机壳体用复合材料树脂基体的主体，预计今后相当长时间内仍将如此。这些年来曾经历过刚性环

氧-柔性环氧-刚性环氧的再认识过程，但居主导地位的一直是刚性双酚 A 二缩水甘油醚的环氧混合物。环氧树脂的固有缺点是耐冲击损伤能力差，耐热性能也较低(小于 170℃)，火箭发动机在高速下飞行，外表面必须良好绝热，以防御气动加热影响，这样则加大了发动机的惰性质量。多年来各国都在努力改进环氧树脂性能，例如提高韧性或耐热性，以不断提高发动机的性能。许多研究工作表明环氧树脂改进仍有很大潜力。

1.4 复合材料缠绕成型方式

纤维缠绕成型是在控制纤维张力和预定线型的条件下，将连续的纤维粗纱或布带浸渍树脂胶液，连续地缠绕在相应于制品内腔尺寸的芯模或内衬上，然后在室温或加热条件下使之固化制成一定形状制品的方法。

1.4.1 缠绕成型工艺分类

纤维缠绕成型工艺按其工艺特点，通常分为三种。

(1) 干法缠绕成型采用该法制成的制品质量比较稳定，工艺过程易控制，设备比较清洁，可以改善劳动卫生条件.缠绕速度可以提高(速度可达 100~200m/min)，且工艺过程易控制。这种工艺方法容易实现机械化、自动化。但缠绕设备比较复杂，投资较大。

(2) 湿法缠绕成型工艺湿法缠绕工艺设备比较简单，对原材料要求不严，便于可选用不同材料，因纱带浸胶后马上缠绕，对纱带的质量不易控制和检验，同时胶液中尚存大量的溶剂，固化时易产生气泡，缠绕过程中纤维的张力也不易控制，但生产效率很高。

(3) 半干法缠绕成型工艺这种工艺与湿法相比增加了烘干工序，与干法相比，缩短了烘干时间，降低了胶纱烘干程度，可在室温下进行缠绕。这

种成型工艺，既除去了溶剂，提高了缠绕速度，又减少了设备，提高了制品质量。

1.4.2 缠绕制品的特点

纤维缠绕成型玻璃钢除具有一般玻璃钢制品的优点外，它还具有其他成型工艺所没有的特点，现列举如下：

(1) 比强度高 缠绕成型玻璃钢的比强度三倍于钢、四倍于钛。

(2) 避免了布纹交织点与短切纤维末端的应力集中。

(3) 可使产品实现等强度结构纤维缠绕成型工艺可使产品结构在不同方向的强度比最佳。也就是说，在纤维缠绕结构的任何方向上，可以使设计的制品（如：缠绕玻璃钢制品）的材料强度，与该制品材料实际承受的强度基本一致，使产品实现等强度结构。

1.4.3 缠绕制品的应用

由于缠绕玻璃钢制品具有上述各特点，因此，在化工、食品、酿造业、运输业及军工等方面获得比较广泛的应用，主要有：

1.压力容器

2.大型贮罐和铁路罐车

3.化工管道

4.军工产品

1.5 问题的提出

碳纤维/环氧树脂复合材料具有比强度、比模量高，密度小，结构尺寸稳定，耐热、耐低温以及材料性能可设计性等优点，而且碳复合材料既可以作为结构材料承载重荷又可以作为功能材料发挥作用，已经成为空间制品的

首选材料。早在 70 年代，美国和前苏联等发达国家就已成功地将碳复合材料用于航空航天领域的结构产品上，而我国的有关研究却相对落后。近年来，国内有许多学者对碳纤维/环氧树脂复合材料也进行了许多研究，并取得了可观的成果，但往往只限于预浸工艺，对低成本、高效率的湿法缠绕工艺并不适用。因此，开展碳纤维湿法缠绕成型用高性能环氧树脂基体及其碳复合材料性能方面的研究具有重要的工程实际意义。

2 环氧树脂及其增韧改性基本原理

2.1 环氧树脂的分类

环氧树脂是一类在其分子中含有两个或两个以上环氧基团的化合物的总称。其固化物的粘接性、耐热性、耐化学药品性以及机械性能和电气性能优良的特点，是热固性树脂中应用量较大的一个品种。其缺点是耐候性和韧性差（除部分特殊品种外），但是这些缺点可以通过对环氧树脂和固化剂的选择，或采用合适的改性方法在一定程度上加以克服和改进。

环氧树脂的种类很多，且在不断地发展，因此，明确地进行分类是困难的。按化学结构分类在类推固化树脂的化学及机械性能研究等方面是便利的。文中就几种常用分类方法进行了陈述。

2.1.1 按化学结构分类

环氧树脂按化学结构可大致分为以下几类。

1. 缩水甘油醚类

其中的双酚 A 缩水甘油醚树脂简称双酚 A 型环氧树脂，是应用最广泛的环氧树脂。还有双酚 F 型环氧树脂，氢化双酚 A 型环氧树脂，酚醛型环氧树脂，脂肪族缩水甘油醚树脂，溴代环氧树脂等。

2.缩水甘油酯类 邻苯二甲酸二缩水甘油酯等。

3.缩水甘油胺类 如四缩水甘油二氨基二苯甲烷：

4.脂环族环氧树脂

5.环氧化烯烃类

6.近年来还出现了一些新型环氧树脂，如海因环氧树脂，酰亚胺环氧树脂等。含无机元素等的其他环氧树脂，如有机硅环氧树脂以及有机钛环氧树脂等。

2.1.2 按状态分类

按在室温条件下所呈现的状态可分为液态环氧树脂和固态环氧树脂。属于液态环氧树脂的仅仅是一小部分低分子量树脂，如通用型 DGEBA， n 值为 0.7 以下，在室温下呈现为粘稠的液体，作为无溶剂成膜材料使用的就是此类环氧树脂。固态环氧树脂通常以薄片状来使用。

2.1.3 按制造方法分类

1.由环氧氯丙烷与相应的醇、酚、酸、胺缩合而成，如 2.1.1 中所述的 1、2 和 3 属于此类。

2.由过氧酸（通常用过醋酸）与烯类化合物的双键加成而得到，如上述的脂环族环氧和环氧化烯烃类树脂。

2.2 环氧树脂的基本性能

双酚 A 型环氧树脂

这种环氧树脂组成中各单元的机能：两末端的环氧基赋予反应活性；双酚 A 骨架提供强韧性和耐热性；甲撑链赋予柔软性；醚键赋予耐药品性；羟基赋予反应性和粘接性。环氧树脂固化物的诸性能因固化反应过程中进一

步形成交联而提高。即使环氧树脂和固化剂体系完全相同，若采用的固化条件不同，那么交联密度也会不同，所得固化物的性能也不相同。

双酚 F 型环氧树脂

双酚 F 型环氧树脂 (DGEBF) 由双酚 F 与 ECH 反应制得，相当于在结构上 $n=0$ 的线形酚醛树脂。化学结构与 DGEBA 树脂十分相似，但其特点是粘度非常低。低分子量的 DGEBF 树脂的粘度仅为 $3\text{Pa}\cdot\text{s}$ ，其固化反应活性几乎可以与 DGEBA 树脂媲美，固化物的性能除热变形温度 (HDT) 值稍低之外，其它性能都略高于 DGEBA 树脂。

双酚 S 型环氧树脂

双酚 S 型环氧树脂 (DGEBS) 是由双酚 S 与 ECH 反应制得的。其化学结构与 DGEBA 树脂也十分相似，粘度比同分子量的 DGEBA 树脂的粘度略高一些。它的最大特点是比 DGEBA 树脂固化物具有更高的热变形温度和更好的耐热性能。

多官能团缩水甘油醚树脂

与双官能团缩水甘油醚树脂相比，多官能团缩水甘油醚树脂的种类要少得多。具有实用性的有四缩水甘油醚基四苯乙烷 (tert-PGEE) 和三缩水甘油醚三苯基甲烷 (tri-PGEM)。它主要与通用型 DGEBA 树脂混合使用或单独使用，作为 ACM 基体材料、印刷电路板、封装材料和粉末涂料等，其热变形温度可达 200°C 以上。

多官能团缩水甘油胺树脂

缩水甘油胺树脂在多官能度环氧树脂中占绝大部分。利用缩水甘油胺树脂优越的粘接性和耐热性 (比多官能团缩水甘油醚树脂的热变形温度约高

20~40℃), 实验发现作为碳纤维增强复合材料有很大用途, 特别是 TGDDM/DDS 体系被指定用于波音公司飞机的二次结构材料。

缩水甘油胺树脂中具有特别优异性能的树脂是 tri-GIC, 这种树脂的透明性好, 而且不易褪色, 另外与 DGEBA 树脂和其它树脂相容性也十分优良。利用这种性质, 把它与具有羧基的聚酯配合, 可作为耐候性和耐腐蚀性优越的粉末涂料。

2.3 环氧树脂的固化和固化剂

环氧树脂只是在固化剂作用下变为交联的体型结构后, 才能显示其固有的优良性能。环氧树脂固化剂的种类很多, 固化反应也各异, 如按固化剂的化学结构不同, 可分为胺类固化剂、酸酐类固化剂, 以及其他树脂类固化剂等。如按固化剂的固化温度不同, 又可分为低温、中温和高温固化剂, 以及潜伏性固化剂等等。如果按固化反应的类型不同, 则大体上可分为催化剂型固化剂和交联型固化剂两大类。

2.4 环氧树脂增韧机理

环氧树脂是一种性能优良的热固性树脂, 但环氧树脂固化物性脆, 在很大程度上限制了其应用, 有关环氧树脂的增韧改性研究一直是该领域的一个研究热点。在航空航天领域, 随着固体火箭发动机壳体用增强纤维性能的提高, 为了充分发挥纤维高强高模的性能, 提高发动机的整体性能, 必须开发高延伸率的环氧树脂。为了便于确定增韧改性方案, 下面, 文中就有希望应用于固体火箭发动机壳体的环氧树脂增韧体系进行讨论。

2.4.1 橡胶类弹性体增韧环氧树脂

这一类最常用的是液体橡胶。橡胶改性剂(弹性体)通常带有活性端基

(如羧基、羟基、氨基等)与环氧基反应形成嵌段。在树脂固化过程中,这些橡胶类弹性体嵌段一般能从基体中析出,在物理上形成两相结构,其断裂韧性 GIC 比未增韧的树脂有大幅度的提高。研究表明,正确控制反应性橡胶与环氧树脂体系中的相分离过程是增韧能否成功的关键。

2.4.2 热塑性树脂增韧环氧树脂

80 年代又兴起用耐热性强韧性热塑性树脂来增韧环氧树脂。这些热塑性树脂本身具有良好的韧性,而且模量和耐热性较高,作为增韧剂加入到环氧树脂中同样能形成颗粒分散相,它们的加入使环氧树脂的韧性得到提高,而且不影响环氧固化物的模量和耐热性。但热塑性树脂的加入,往往导致体系的粘度增大,且增韧的效果在一定范围内随添加量增大而增大,这给这类树脂的工程应用带来了诸多难题,尤其是诸如火箭发动机壳体的缠绕成型工艺,但热塑性树脂还是一种很有前途的环氧增韧剂。

2.4.3 热致性液晶聚合物增韧环氧树脂

液晶聚合物(LCP)中都含有大量的刚性介晶单元和一定量的柔性间隔段,其结构特点决定了它的优异性能。它在加工过程中受到剪切力作用具有形成纤维状结构的特性,因而能产生高度自增强作用。TLCP 增韧环氧树脂的机理主要为裂纹钉锚作用机制。少量 TLCP 原纤存在可以阻止裂纹发展,提高了基体的韧性,而材料的耐热性及刚度则基本不损失。

随着研究的进展,热致性液晶聚合物增韧环氧树脂作为一种新的技术,必将在工程应用中发挥重要的作用。

2.4.4 改变交联网络的化学结构增韧环氧树脂

增韧的根本潜力在于提高基体的屈服形变能力。有关这方面的研究主要

集中在，在保证基体达到一定的热变形温度下，尽可能多地在其分子结构中引入柔性段。具体地说，可以通过加第二组分或改变固化剂两种方法来实现。鉴于我们采用环氧树脂作纤维缠绕壳体用树脂主要是因为其良好的粘接性和优异的工艺性，故选用合适的增韧剂以改变体系的结构作为一种廉价、易行的方法，在工程中将有广阔的应用前景。

3 结论

本文旨在开发一种应用于固体火箭发动机壳体湿法缠绕成型的碳纤维专用韧性环氧树脂基体，通过理论分析和大量的实验研究，得到以下结论：

1. 鉴于固体火箭发动机壳体的缠绕固化工艺，实验采用混合环氧树脂（D.E..R383/TDE-85=80/20）、增韧稀释剂 RD-2 和 C 以及芳香胺固化剂 DDM，通过合适的配制工艺，制得了适用于湿法缠绕的两组配方（配方 8 和 9），其胶液粘度分别为 $0.42\text{Pa}\cdot\text{s}$ 和 $0.43\text{Pa}\cdot\text{s}$ (28°C)，适用期均大于 10 小时。

2. 在对所设计配方胶液和浇铸体性能进行测试分析中发现，随增韧剂的加入，胶液粘度显著下降，体系固化物的耐热性和拉伸模量降低，冲击强度和断裂延伸率显著上升，拉伸强度略有提高，配方 8 和 9 均表现出较好的冲击韧性（分别为 $4.9\text{J}\cdot\text{cm}^{-2}$ 和 $5.0\text{J}\cdot\text{cm}^{-2}$ ）和较高的断裂延伸率（分别为 5.1 和 5.3），拉伸断口呈明显的韧性断裂形貌。

3. 应用凝胶化时间测定，DSC 以及 FT-IR 对配方 8 和 9 的固化反应进行了研究，得出了其固化反应表观活化能（分别为 56.1kJ/mol 和 52.8kJ/mol ）和反应级数（分别为 0.91 和 0.93），给出了反应的类型，优化了固化工艺制度。

4.对配方 8 和配方 9 所制单向板和 NOL 环性能的研究表明，与刚性配方相比，这两种配方具有界面粘接好，纤维强度转化率高等优点。实验还用配方 9 制作了 $\Phi 150\text{mm}$ 压力容器，爆破实验表明该基体与碳纤维粘接良好，纤维强度转化率达 89.4，所制压力容器特性参数 (PV/W) 高达 40.1km。

织物分析

青岛市纺织工程学会戴受柏 辑

由于织物所采用的组织，色纱排列，纱线的原料及特数，纱线的密度，纱线的捻向和捻度以及纱线的结构和后整理方法等各不相同。因此形成的织物在外观上也就不一样。

为了生产，创新或仿造产品，就必须掌握织物组织结构和织物的上机技术条件等资料。为此就要对织物进行周到和细致地分析，以便获得正确地分析结果，为设计，改造或仿造织物提供资料。

为了能获得比较正确地分析结果，在分析前要计划分析的项目和他们的先后顺序。操作过程中要细致，并且要在满足分析的条件下尽量节省布样用料。

织物分析一般按下列顺序进行。

一、取样

分析织物时，资料的准确程度与取样的位置，样品面积大小有关，因而对取

样的方法应有一定的规定。由于织物品种极多，彼此间差别又大，因此，在实际工作中样品的选择还应根据具体情况来定。

（一） 取样位置

织物下机后，在织物中因经纬纱张力的平衡作用，是幅宽和长度都略有变化。这种变化就造成织物边部和中部，以及织物两端的密度存在着差异。另外在染整过程中，织物的两端，边部和中部所产生的变化也各不相同，为了使测得的数据具有准确性和代表性，一般规定：从整匹织物中取样时，样品到布边的距离不小于 5cm，离两端的距离在棉织物上不小于 1.5-3m；在毛织物上不小于 3m；在丝织物上约 3.5-5m。

此外，样品不应带有显著的疵点，并力求其处于原有的自然状态，以保证分析结果的准确性。

（二） 取样大小

取样面积大小，应随织物种类，组织结构而异。由于织物分析是消耗试验，应根据节约的精神，在保证分析资料正确的前提下，力求减小试样的大小。简单组织的织物试样可以取得小些，一般为 15cm×15cm。组织循环较大的色织物可以取 20cm×20cm。色循环大的织物（如床单）最少应取一个色纱循环所占的面积。对于大提花（如被面，地毯）因其经纬纱循环数很大，一般分析部分具有代表性的组织结构即可。因此，一般取为 20cm×20cm，或 25cm×25cm。如样品尺寸小时，只要比 5cm×5cm 稍大即可分析。

二、确定织物的正反面

对布样进行分析工作时，首先应确定织物的正反面。

织物的正反面一般是根据其外观效应加以判断。下面列举一些常用的判断方法。

- 1.一般织物正面的花纹，色泽均比反面清晰美观。
- 2.具有条格外观的植物和配色模纹织物其正面花纹必然是清晰悦目的。
- 3.凸条及凹凸织物，正面紧密而细腻，具有条状或图案凸纹，而反面较粗糙，有较长的浮长线。
- 4.起毛织物：单面起毛织物，其起毛绒一面为织物正面。双面起毛绒织物，则以绒毛光洁，整齐的一面为正面。
- 5.观察织物的布边：如布边光洁，整齐的一面为织物正面。
- 6.双层，多层及多重织物，如正反面的经纬密度不同时，则一般正面具有较大的密度或正面的原料较佳。
- 7.纱罗织物：纹路清晰绞经突出的一面为织物正面。
- 8.毛巾织物：以毛圈密度大的一面为正面。

多数织物其正反面有明显的区别，但也有不少织物的正反面极为近似，两面均可应用。因此对这类织物可不强求区别其正反面。

三、确定织物的经纬向

在决定了织物的正反面后，就需判断出在织物中那个方向是经纱，哪个方向是纬纱，这对分析织物密度，经纬纱特数和织物组织等项目来说，是先决条件。

区别织物经纬向的主要依据如下。

- 1.如被分析织物的样品是布边的，则与布边平行的纱线便是经纱，与布边垂直的则是纬纱。

2.含有浆份的是经纱，不含浆份的是纬纱。

3.一般织物密度大的一方为经纱，密低小的一方为纬纱。

4.箱痕明显之织物，则箱痕方向为织物的经向。

5.织物中若干纱线的一组是股线，而另一组是单纱时，则通常股线为经纱，单纱为纬纱。

6.若单纱织物的成纱捻向不同时，则Z捻纱为经向，S捻纱为纬向。

7.若织物成纱的捻度不同时，则捻度大的多数为经向，捻度小的为纬向。

8.如织物的经纬纱特数，捻向，捻向都差异不大，则纱线的条干均匀，光泽较好的为经纱。

9.毛巾类织物，其起毛圈的纱线为经纱，不起毛圈的纱线为纬纱。

10.条子织物其条子方向通常是经向。

11.若织物有一个系统的纱线具有多种不同特数时，这个方向则为经向。

12.纱罗织物，有扭绞的纱线为经纱，无扭绞的纱线为纬纱。

13.在不同原料交织中，一般棉毛豁棉麻交织的织物，棉为经纱；毛丝交织物中，丝为经纱；毛丝棉交织物中，则丝，棉为经纱；天然丝与绢丝交织物中，天然丝为经纱；天然丝与人造丝交织物中，则天然丝为经纱。

由于织物用途极广。因而对织物原料和组织结构的要求也是多种多样的，因此在判断时，还要根据织物的具体情况进行确定。

四、测定织物的经纬纱密度

在织物单位长度中排列的经纬纱根数，称为织物的经，纬纱密度。

织物密度的计算单位以公制计，是指10cm内经纬纱排列的根数。密度的大

小，直接影响织物的外观，手感，厚度，强力，抗折性，透气性，耐磨性和保暖性能等物理机械指标，同时他也关系到产品的成本和生产效率的大小。

经、纬密度的测定方法有以下两种。

（一）直接测数法

直接测数法是凭借照布镜或织物密度分析镜来完成。织物密度分析镜的刻度尺长度为 5cm，在分析镜头下面，一块长条形玻璃片上刻有一条红线，在分析织物密度时，移动镜头，将玻璃片上红线和刻度尺上红线同时对准某两根纱线之间，以此为起点，边移动镜头边数纱线根数，直到 5cm 刻度线为此。输出之纱线根数乘以 2，即为 10cm 织物的密度值。

在点数纱线根数时，要以两根纱线之间的中央为起点，若数到终点时，超过 0.5 根，而不足一根时，应按 0.75 根算；若不足 0.5 根时，则按 0.25 根算。织物密度一般应测得 3-4 个数据，然后取其算术平均值为测定结果。

（二）间接测试法

这种方法适用于密度大的，纱线特数小的规则组织的织物。首先经过分析织物组织及其组织循环经纱数（组织循环纬纱数），然后乘以 10cm 中组织循环个数，所得的乘积即为经（纬）纱密度。

五、测定经纬纱缩率

经、纬纱缩率是织物结构参数的一项内容。测定经纬纱缩率的目的是为了计算纱线的特数和织物用纱量等。由于纱线在形成织物后，经（纬）纱在织物中交错屈曲，因此织造时所用之纱线长度大于所形成织物的长度。因而我们把其差值与原长之比值称为缩率。以 a （%）表示。

缩率=100%×(伸直长度-试样中长度)/伸直长度

经纬纱缩率的大小，是工艺设计的重要依据，他对纱线的用量，织物的物理机械性能和织物的外观均有很大的影响。

影响缩率的因素很多，织物组织，经纬纱原料及特数，经纬纱密度及在织造过程中纱线的张力等的不同，都会引起缩率的变化。

分析织物时，测定缩率的方法，一般在试样边缘沿经（纬）向量取 10cm 的织物长度。并记上记号（试样小时，可量取 5 c m 的长度），将边部的纱缕剪短（这样可以减少纱线从织物中拔出来时产生以外伸长），然后轻轻将经（纬）纱从试样中拔出，用手指压住纱线的一端，用另一只手轻轻的将纱线拉直（张力要恰当，不可有伸长现象）。用尺量出记号之间的经（纬）纱长度这样连续作出十个数后，取其平均值，带入上述公式中，即可求出经或纬纱的缩率值。这种方法简单易行，但精确程度较差，测定纱线缩率的目的是为了计算纱线特数和织物用纱量等。在测定中应注意以下几点：

1.在拔出和拉直纱线时，不能使纱线发生退捻或加捻。对某些捻度较小或强力很差的纱线，应经量避免发生意外伸长。

2.分析刮绒和缩绒织物时，应先用剪刀或火柴除去表面的绒毛，然后再仔细的将纱线从织物中拔出。

3.粘胶纤维在潮湿状态下极易伸长，故在操作时避免手汗沾湿纱线。

六、测算经纬纱特数

纱线是用特数来表示其细度的。纱线特数是 1000m 的纱线在公定回潮率时的重量克数。计算公式如下： $\text{tex}=1000G/L$

tex 表示经或纬纱特数；G 表示在公定回潮率时的重量 (g)；L 表示长度 (m)。

纱线特数的测定一般有两种方法。

1.比较测定法：此方法是将纱线放在放大镜下，仔细的与已知特数的纱线进行比较，然后决定经纬纱的特数。此方法测定的准确程度与试验人员的经验有关。由于做法简单迅速，工厂的试验人员往往乐于采用。

2.称重法：在测定前必须先检验样品的经纱是否上浆，若经纱是上浆的，则应对式样进行退浆处理。

测定时从 10cm×10cm 织物中，取出 10 根经纱和 10 根纬纱，分别称其重量。测出织物的实际回潮率，在经纬纱缩率已知的条件下，经纬纱特数可用下式求出：

$$\text{tex} = G(1-a)(1+W\sim)/(1+W)$$

G 表示 10 根经纱或纬纱实际重量；a 表示经或纬纱缩率；W 表示织物的实际回潮率；W~表示该种纱线的公定回潮率。

以下为各种纱线的公定回潮率 (%)：棉 8.5 ； 粘胶 13 ； 精梳毛纱 16 ； 粗梳毛纱 15 ； 晴纶 2 ； 醋脂 7 ； 绢丝 11 ； 涤纶 0.4 ； 锦纶 4.5 ； 维纶 5 ； 丙纶 0 ；

七、定经纬纱原料

正确和合理的选配各类织物所用原料，对满足各项用途起着极为重要的作用。因此对布样的经纬纱原料要进行分析。主要有两个方面：

1.织物经纬纱原料的定性分析 目的是分析织物纱线是什么原料组成，即分析织物是属纯纺织物、混纺织物，还是交织织物。鉴别纤维一般采用的步骤是先决定纤维的大类，属天然纤维素纤维，还是属天然蛋白质纤维或是化学纤维。再具

体决定是哪一品种。常用的鉴别方法有手感目测法、燃烧法、显微镜法和化学溶解法等，其具体方法与纤维的鉴别方法相同。

2.混纺织物成分的定量分析 这是对织物进行含量的分析，一般采用溶解法，它是选用适当的溶剂，使混纺织物中的一种纤维溶解，称取留下的纤维重量，从而也知道溶解纤维的重量，然后计算混合百分率。

具体方法同混纺纱线含量分析法。

八、概算织物重量

织物重量是指织物每平方米的无浆干重克数。他是织物的一项重要重要的技术指标。他也是对织物进行经济核算的主要指标，根据织物样品的大小及具体情况，可分两种试验方法。

1. 称重法 用此方法测定织物重量时，要使用扭力天平，分析天平等工具。在测定织物每平方米的重量时，样品的面积一般取 10x10(CITi2)。面积愈大，所得结果就愈正确。在称重前，将退浆的织物放在烘箱中烘干，至重量恒定，称其干重，则

$$G(g / m^2)=g \times 10000 / (L \times b)$$

G--样品每平方米无浆干重(g / 平方米); s--样品的无浆干重(g); L--样品长度(cm); b--样品宽度(cm)。

2. 计算法 在遇到样品面积很小、用称重法不够准确时，可以根据前面分析所得的经纬纱特数，经纬纱密度，经纬纱缩率进行计算，其公式如下：

$$G = \{10P_j \times Tex_j / [(1-a_j) \times 1000] + 10P_w \times Tex_w / [(1-a_w) \times 1000]\} \times [1 / (1+W')]] \\ = 1/100 \times [P_j \times Tex_j / (1-a_j) + P_w \times Tex_w / (1-a_w)] \times [1 / (1+W')]$$

$$=1/[100 \times (1+W')] \times [P_j \times \text{Tex}_j / (1-a_j) + P_w \times \text{Tex}_w / (1-a_w)]$$

G——样品每平方米无浆干重(s / 平方米);

P_j、P_w——样品的经纬纱密度(根 / 10cm);

a_j、a_w——样品的经纬纱缩率(%);

W'——样品的经, 纬纱公定回潮率(%),

Tex_j、Tex_w--样品的经, 纬纱特数

九、分析织物的组织及色纱的配合

对布样做了以上各种测定后, 最后应对经纬纱在织物中交织规律进行分析, 以求得此种织物的组织结构。在此基础上再结合织物经纬纱所用原料、特数、密度等因素正确地确定织物的上机图。

在对织物的组织进行分析的工作中, 我们常用的工具是照布镜、分析针、剪刀及颜色纸等。用颜色纸的目的是为在分析织物时有适当的背景衬托, 少费眼力。在分析深色织物时, 可用白色纸做衬托, 而在分析浅色织物时, 可用黑色纸做衬托。

由于织物种类繁多, 加之原料、密度, 纱特数等因素的不同, 所以应选择适当的分析方法以使分析工作能得到事半功倍的效果。

常用的织物组织分析方法有以下几种。

拆纱分析法 这种方法对初学者适用。此法应用于起绒织物、毛巾织物、纱罗织物、多层织物和纱特数低、密度大, 组织复杂的织物。

这种方法又可分为分组拆纱法与不分组拆纱法两种。

(1)分组拆纱法: 对于复杂组织或色纱循环大的组织用分组拆纱法是精确可靠

的，现将此法介绍如下。

a.确定拆纱的系统：在分析织物时，首先应确定拆纱方向，目的是为看清楚经纬纱交织状态。因而宜将密度较大的纱线系统拆开，利用密度小的纱线系统的间隙，清楚地看出经纬纱交织规律。

b.确定织物的分析表面：究竟分析织物哪一面，一般以看清织物的组织为原则。如：若是经面或纬面组织的织物，以分析织物的反面比较方便，若是表面刮绒或缩绒织物，则分析时应先用剪刀或火焰除去织物表面的部分绒毛，然后进行组织分析。

c.纱纓的分组：在布样的一边先拆除若干根一个系统的纱线，使织物的另一个系统的纱线露出 10mm 的纱纓，然后将纱纓中的纱线每若干根分为一组，并将 1、3、5……等奇数组的纱纓和 2、4、6……等偶数组的纱纓，分别剪成两种不同的长度。这样，当被拆的纱线置于纱纓中时，就可以清楚的看出它与奇数组纱和偶数组纱的交织情况。

填绘组织所用的意匠纸若每一大格其纵横方向均为八个小格，正好与每组纱纓根数相等，则可把每一大格作为一组，亦分成奇、偶数组与纱纓所分奇偶数组对应，这样，被拆开的纱线在纱纓中的交织规律，就可以非常方便的记录在意匠纸的方格上。

(2)不分组拆纱法：当了解了分组拆纱法后，不分组拆纱法就容易了解了。首先选择好分析面，拆纱方向与分组拆纱相同，此法不需将纱纓分组，只需把拆纱轻轻拨入纱纓中，在意匠纸上把经纱与纬纱交织的规律记下即可。

2.局部分析法 有的织物表面，局部有花纹，地布的组织很简单，此时只需要分别对花纹和地布的局面进行分析；然后根据花纹的经、纬纱根数和地布的组织

循环数，就可求出一个花纹循环的经纬纱数，而不必一一画出每一个经，纬组织点，须注意地组织与起花组织起始点的统一问题。

3. 直接观察法 有经验的工艺员或织物设计人员，可采用直接观察法，依靠目力或利用照布镜，对织物进行直接的观察，将观察的经纬纱交织规律，逐次填入意匠纸的方格中。分析时可多填写几根经纬纱的交织状况，以便正确的找出织物的完全组织来。这种方法简单易行主要是用来分析单层密度不大，纱特数较大的原组织织物和简单的小花纹组织织物。

在分析织物组织时，除要细致耐心外，还必须注意布样的组织与色纱的配列关系。对于白坯织物，在分析时不存在这问题。但是多数织物其风格效应，不光是由经纬交织规律来体现，往往是将组织与色纱配合而得到其外观效应。因而，在分析这类色纱与组织配合的织物(色织物)时，必须使组织循环和色纱排列循环配合起来，在织物的组织图上，要标注出色纱的颇色和循环规律。

在分析时大致有如下的几种情况。

1.当织物的组织循环纱线数等于色纱循环数时，只要画出组织图后，在经纱下方，纬纱左方，标注上色称和根数即可。

2.当织物的组织循环纱线数不等于色纱循环数时，在这情况下，往往是色纱循环大于组织循环纱线数。在绘组织图时，其经纱根数应为组织循环经纱数与色经纱循环数的最小公倍数，纬纱根数应为组织循环纬纱数与色纬纱循环数的最小公倍数。

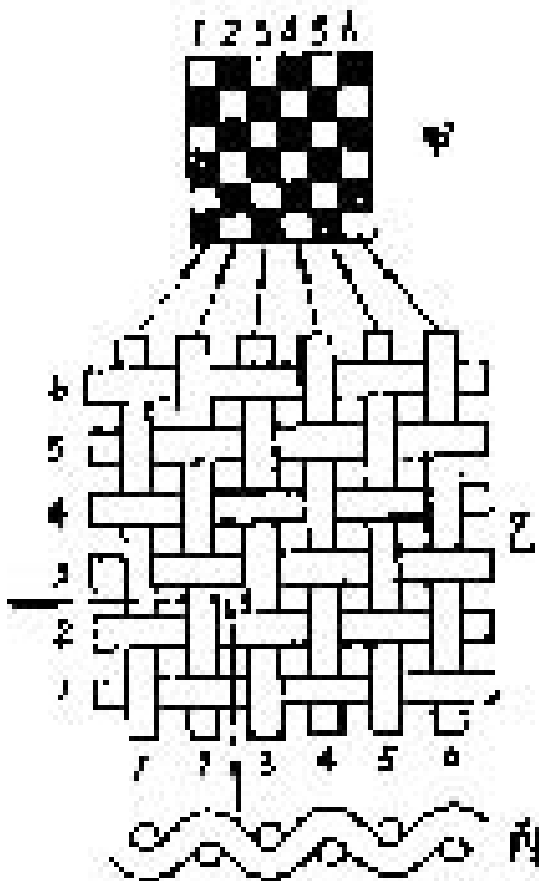
小知识

最基本的织物组织

红、黄、蓝是色彩中最基本的三种颜色，称之为三原色。用这三种颜色按不同的比例进行调配，可以变换出许多种不同的色彩。织物的外观虽然多种多样，千变万化，但它的结构离不开一定的组织，即经纬浮沉交织的规律。它是由三原组织：平纹、斜纹、缎纹构成的。其中，按长度方向排列的丝线称为经线；按宽度方向排列的丝线称为纬线。经纬线按照一定的浮沉规律相互交织生成的交织处称为组织点。



经线按照一定的规律在这个升降过程中不断提升压在纬线之上的组织点；反之，纬线在经线则叫纬组织点。经纬组织点有一定的规律，而且每根线和纬线就会重复一次所需的最少丝线根数，叫



律进行升降，而纬线断穿梭往来。当经纬组织点时叫经组织点上方的组织点组织点的沉浮不仅隔一定数目的经线次，每重复一次所做一个“组织循

环”或一个“完全循环”。

织物组织循环越大，所组成的花纹循环越大，花纹也越复杂。一个组织循环中的经线根数称为经线循环数，一个组织循环中的纬线根数称为纬线循环数。如平纹的经纬循环数为 2，三枚斜纹的经纬循环数为 3，五枚缎纹的经纬循环数为 5 等。

为了便于直观表示织物中经纬浮沉交织情况，可以用三种图形来表示：组织图、结构图、剖面图。组织图可画在小方格纸上，方格纸上纵向代表经线，横向代表纬线。为记忆方便，经组织点在方格纸上以涂黑色或符号的形式来表示，纬组织点则以空白方格表示。图中自左向右的数字表示经纬顺序；自下而上的数字则表示纬线顺序。

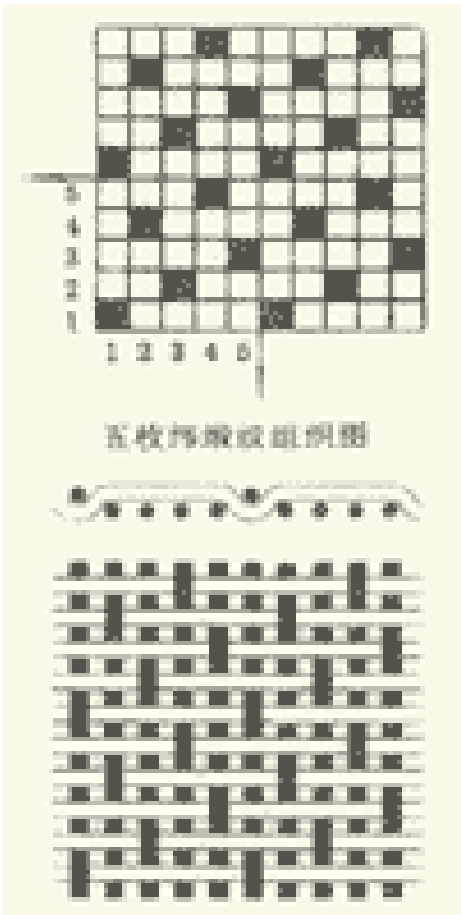
在一个组织循环内，经纬组织点相等，则称同面组织，此类织物无正反面之分。如果经组织点多于纬组织点，称经面组织，反之，则称纬面组织，它们的正反面互为经纬面效应。也就是说，织物的正面呈现经面效应，则反面呈现纬面效应；织物的正面呈现纬面效应，则反面呈现经面效应。以上所述均指单层织物而言，即用一根经线和一根纬线交织而成的简单织物。

平纹组织

平纹组织是最简单的织物组织，由经线和纬线一隔一地浮沉交织而成，它的经纬循环均为二。在织造过程中，将排列好的经线按照奇、偶数分成两部分，当经线以一定规律作上下运动时，奇数部分的经线形成梭口上层，而偶数部分的经线则形成梭口下层，第一个梭口形成，

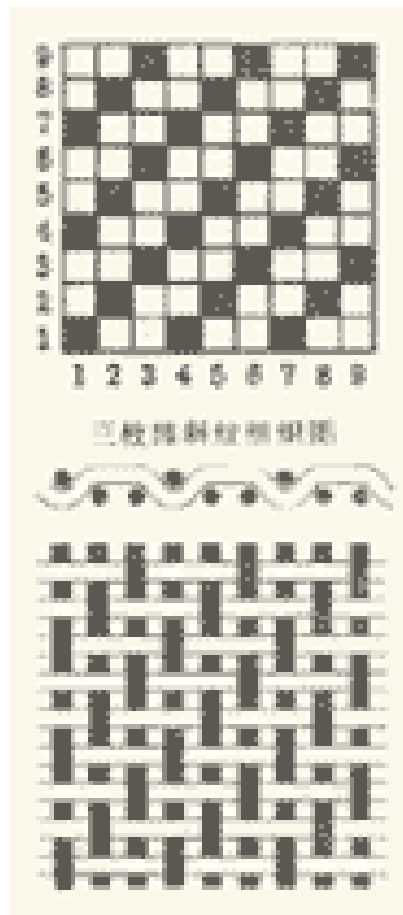
投入第一根纬，打纬；然后，奇数部分的经线下沉变成梭口下层，而偶数部分的经线上浮变成梭口上层，第二个梭口形成，再投入第二根纬，打纬。如此周而复始，就形成了平纹织物。

由于平纹组织的交织点很多，经和纬线的抱紧最为紧密，因此，平纹织物的质地最为坚牢、外观最为平挺。这种组织应用极为广泛，最普及常见的有电力纺、双绉、乔其纱等。该类组织在花织物中用作地组织的也很多。



根纬，打纬；数部分的经线梭口下层，而的经线上浮变成层，第二个梭再投入第二根如此周而复成了平纹织

由于平纹织点很多，经和最为紧密，纹织物的质地



斜纹组织

斜纹组织的组织点是连续的、成斜向纹路的。一个完全组织中有三根经纬线，可以用分数的形式表示。如 $1/2 \nearrow$ 右斜纹，可读成一上二下右斜纹或三枚右斜纹。其中，分子代表一根经线或纬线在一个完全组织内经组织点的数目，分

母则表示一根经线或纬线在一个完全组织内纬组织点的数目。分子与分母之和表示一个完全组织的经纬线个数，简称枚数。 \nearrow 表示纹路右斜向， \nwarrow 则表示纹路左斜向。斜纹组织的经纬交织比平纹少，故不及平纹织物坚牢，但斜纹织物的手感柔软且光滑。

缎纹组织

这是三原组织中较为复杂的一种。其组织点间距较远，独立且互不连续，并按照一定的顺序排列。一个完全组织中最少有五根经纬线数，它也可以用分数表示。如 $5/3$ 纬面缎纹，可读作五枚三飞纬面缎纹，与斜纹组织不同的是，缎纹组织的分子代表一个完全组织的经纬数，分母则代表飞数。飞数是指相邻两根线或相邻两个组织点之间相隔的线的根数，缎纹的飞数不少于二。

飞数又分经向飞数和纬向飞数两种。经向飞数是指相邻两根经线相同组织点之间相隔的纬线数；纬向飞数是指相邻两根纬线相同组织点之间相隔的经线数。一般来讲，经面段纹用经向飞数来表示，纬面缎纹则用纬向飞数来表示。缎纹织物以五枚和八枚缎最为常见。

缎纹织物的浮长线较长，坚牢度也最差，但质地柔软，绸面光滑，光泽也好，最为富贵华丽，故在织物中应用很广。如织锦缎、花软缎等花组织中的地组织采用的都是缎纹组织。