
青岛纺织工程与管理

Qingdao Textile Engineering and Administration

2014 年第二期 (总第 62 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

三维织物复合材料在运动护具上的应用前景	2
丝瓜纤维与荷纤维性能分析和未来展望	8
科技前沿	13
技术讲座	15

三维织物复合材料在运动护具上的应用前景

叶冬茂 (武汉纺织大学)

摘要：以三维织物为基材的增强复合材料在航天、军事等领域发挥着重大作用，但是，它在体育运动领域的用研究和发展相对滞后。从三维织物复合材料结构的合理性、织造技术的多样性和复合固化技术的先进性，说明三维织物复合材料具有力学性能优异、抗冲击性好、强度高和重量轻等特点，在织物结构和高性能纤维运用及织造制备方法上具有很大的优势；介绍三维织物复合材料在运动型护具、技击性运动护具和抗冲击性运动服装上的应用前景，新型运动护具在运动中能更好地保护运动员，随着三维织物复合材料在运动上的广泛应用，将会对体育运动的发展产生深远影响。

关键词：三维织物，三维复合材料，运动护具，应用

以三维织物为基材的增强复合材料在航天、军事、建筑等领域得到了深入的研究和广泛的应用，但在体育运动领域的应用研究和发展相对滞后。三维织物复合材料与普通复合材料的根本区别是所用的增强体不是单向纤维或二维织物，而是具有整体性和力学结构合理性的三维织物，高强度、高刚度、抗冲击性能好是它的主要特点。国外将三维织物增强复合材料用于复合装甲，大大提高了坦克、装甲车辆的防护能力。这种超强的防护材料如果应用在运动护具上，将能更好地保护人体，防止伤害事故的发生，对体育运动的发展将产生深远的影响。本文重点介绍三维织物复合材料的特性及其在运动护具上的应用，以促进其在体育运动领域发挥更大的作用。

1、三维织物复合材料的基本特性

三维织物复合材料是利用三维织物作为基础材料，将液态树脂等增强材料注入到织物的三维空间进行复合并固化成型获得；或是利用增强纤维采用三维织造方法直接织造而成(见图 1 和 图 2)。

三维织物的特殊制备方法使三维织物及其复合体具有以下特点。



图 1 三维织物复合材料
(来源:<http://image.baidu.com>)

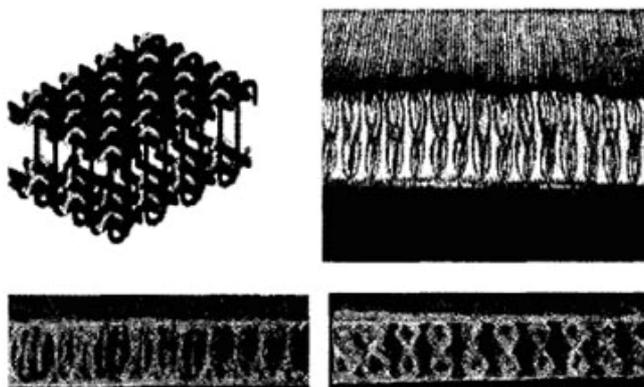


图 2 三维玻璃纤维织物
(来源:<http://www.flexconsult.com.hk>)

1.1 三维织物结构的合理性

一般把在厚度方向至少有三根及以上纤维的织物称为三维织物。它由三组或者更多组纱线在立体面上排列，并且三个方向纱线在空间上相互交织连接，从而形成了一个稳定的三维整体结构状态。由于纱线的弯曲程度较小，多为挺直状态排列，因而可以均匀承载和变形，使得织物在厚度方向的抗撕裂性、损伤容限、顶破力和能量吸收等机械性能获得了较高的提升。三维织物结构整体

性的优势还体现在：①在三维结构上形成整体，克服了分层所带来的弊端；②三维织物在织造工艺上较好地适应了物品尺寸，在整体成型后减少了加工环节，结构和纤维破坏较小，从而大大提高了三维纺织复合材料沿厚度方向的损伤容限，并有效地限制了冲击破坏的面积。另外，部分研究表明，混合结构三维构件的力学性能要远远优于正交结构构件。由于三维织物同时具备了整体性和力学结构合理性这两大特点，使得这种织物更适合成为制备高性能复合材料的基材。

1.2 三维织物复合材料织造技术的多样性

高性能的纺织复合材料可以通过运用三维织造技术对高性能纤维直接进行三维织造而获得。目前主要采用三维针织、编织和机织技术来制备三维织物复合材料。其中三维针织技术主要用于织造经编织物；三维编织技术则可生产各种形式的预制件；三维机织技术由于可在专用设备或稍加改造的普通设备上使用，且生产效率较高，成为应用最广泛的技术之一。三维织物复合材料织造技术同样具有多样性，因此采用三维织造技术不仅使直接织造不同形状的异型整体件成为可能，还可以使三维织物复合材料的纱线结构具有可设计性，从而达到了对三维织物复合材料力学性能和其他性能进行调节的目的。并且完全可以实现对碳纤维、碳化硅纤维、石英纤维玻璃纤维、芳纶等高性能纤维的织造，再加上三维织物在结构上的特点，使得三维织物复合材料在性能上获得大大提高。

1.3 三维织物复合材料复合固化技术的先进性

高性能的纺织复合材料还可以通过运用复合固化工艺对三维织物复合材料制件进行加工而获得。目前，树脂传递模塑(RTM)工艺和树脂膜溶渗(RFI)工艺是三维织物复合材料复合固化的主要工艺。RTM工艺是先向一个填满纤维增强

材料的密闭模腔内注入液态树脂并加压，利用压力使其浸透增强纤维，然后加热固化成型。RFI 工艺是在 RTM 等工艺基础上发展的一种新工艺技术。使用这两种工艺都可以制得尺寸精确、纤维含量高的优质复合材料产品。在对采用复合固化技术制备的复合材料进行力学性能测试时发现：采用三维织物增强的树脂基复合材料的冲击损伤面积更小，三维织物增强的碳基复合材料的拉伸强度更大，三维织物增强的陶瓷基复合材料的弯曲强度更高。结果表明，通过复合固化技术可以大大提高三维织物复合材料的力学性能。

2、三维织物复合材料在运动护具上的应用

三维织物复合材料是整体的、不分层结构，具有比强度、比模量高和优良的力学性能，因此在运动防护领域具有巨大的应用前景。利用高性能纤维制成的三维织物复合材料重量更轻，而力学性能更优异，可以用于制作主承力结构件和特殊的具有多种功能的制件。三维复合材料的高强度、高刚度、抗冲击性能好、重量轻、可整体织造的特点正是运动护具必备的条件，因此它可以应用在运动护具的多个领域中，加速运动防护领域的快速发展。

2.1 运动护具的要求

2.2.1 运动型护具的应用

由于三维织造技术能直接织造不同形状的异型整体件，还可以按要求对纱线结构进行设计，因此三维织物复合材料的力学性能和其他性能就具有可调节性，这在制作运动型护具方面有很好的优势。例如：采用三维机织技术可以整体织造具有回复性能的高弹性筒型护具，如护肘、护腕、护膝、护踝等，对肌肉或关节起保护作用，防止受伤。当然伤害是体育运动中无法避免的，但如果有意地采取一些措施，就可以减少或避免许多运动中的伤害。运动型护具要求对参与运动的肌肉和关节具有很好的保护功能，还要能起支撑和固定作用，

同时又不能限制关节的活动度，妨碍技术动作的完成。三维弹性机织物是一种三维立体结构的纺织产品，通过层间的组织变化，可以实现整个织物的高弹性回复性能，使该织物具有良好的抗压弹性，可以根据关节和肢体的形状整体织造起固定和保护作用的护踝、护膝、护肘、护腕等。运动型护具大多是贴身使用，因此不仅要有防护功能，还要有良好的热湿传递功能。三维针织间隔织物独有的三维结构表现出的优点是防止湿气和热贴近皮肤，并在人体周围产生良好的微气候，利用其结构特点可以设计和织造出紧贴皮肤层即表层具有拒水性、中间层用于湿气和空气的流通、最外层具有良好的吸水性，能够很好地吸热和散热的新型三维运动型护具。

2.2.2 技击性运动护具的应用

三维织物复合材料具有重量轻、力学性能优越和设计灵活等特点，使得它在制作技击性运动护具方面具有广泛的应用前景，如跆拳道护具、散打护具等。技击性运动即杀伤对方身体、以制胜为其本质的攻防运动，包括击剑、跆拳道、摔跤、拳击、散打等。由于这些运动的对人体的攻击力量较大，又是些要害部位，因此需要防护性能优异的护具来防止运动员受伤。而采用海绵、橡胶等材料制成的护具，在防震抗击方面并不尽如人意，且护具较重、体积过大，妨碍了运动员技术水平的发挥；同时吸湿、透气性能比较差，舒适性也不足，因此这些护具的使用对运动成绩会造成一定的影响。采用三维织物复合材料制备的护具能够克服上述弊端，研究表明，护具中三维卷曲中空涤纶的含量对穿透力有显著的影响。当复合材料中涤纶含量为 20% 时，材料的穿透力数值最低，造成这种现象的主要原因是三维卷曲中空涤纶具有优良的拉伸变形和弯曲变形的回复能力，内部结构产生的永久性卷曲在受力拉伸后仍能恢复。三维织物复合材料制成的护具还具有重量轻、体积小特点，有利于运动员完成技术动作，

充分发挥技术水平。同时可整体织造的特性又可以满足奥运会对技击性项目比赛的规定，即运动员必须佩戴“全护式”护具的要求。

2.2.3 抗冲击性运动服装的应用

有一些运动由于速度快、惯性大，产生的冲击力强，防护不到位容易造成致命的伤害，如摩托车、高山滑雪等运动，需要配备性能优异的防护护具。试验证明，利用三维织物的复合固化技术不仅可以提高纺织品的舒适性和使用性能，还可以获得具有较强抗冲击性的复合材料，如 D30 材料和硅树脂三维织物复合材料。将硅树脂注入一个三维织物空间的纺织品中，不仅能够通过控制灌注的程度使织物保持良好的透气性以满足舒适性要求，还可利用硅树脂的膨胀特性提高织物的抗冲击强度。这是因为硅树脂在冲击力存在的情况下，能立即从柔软材料转变为坚硬固体，借此减缓撞击力，从而保护人体不受伤害；当外力消失后，硅树脂再迅速转变为柔性材料；同时它的易弯曲性对身体的活动也没有限制。这种复合材料要比其他防护材料薄，不需要专门定型，设计师可以根据需要设计出各种形状、颜色及厚度的防护服。它易于裁剪，固定、组装方法简单。这种织物在制成用于摩托车手或足球、橄榄球等接触式运动的高效防护服时，能起到更好地保护运动员身体的作用。另外，它还可以用于制作其他防护器具，如：头盔、护腿板、护膝、垫肩、鞋子和手套，而且这种强力保护产品还具有透气性、柔韧性、穿着灵活性和轻便性的特点，这都是其他防护产品难以比拟的。

3、结语

利用三维织物复合材料在织物的结构、高性能纤维的运用及织造制备方法上的优势制造的运动护具，具有力学性能优异、抗冲击性好、强度高和重量轻等特点。三维织物复合材料在运动型护具、技击性运动护具和抗冲击性运动服

装上的应用，能使运动员在提高运动成绩的同时获得更好的保护。因此随着三维织物复合材料在运动护具上的广泛应用，对体育运动的发展将产生深远的影响。

丝瓜纤维与荷纤维性能分析和未来展望

王晓丽

2009 年被联合国粮农组织确定为“国际天然纤维年”，并以“2009 年联合国国际天然纤维年”为主题进行了一系列活动。国际天然纤维年活动，更激起了人们对以植物资源为原料的环保型纤维的进一步研究和开发。所谓“绿色环保纤维”，从生态学角度看应该满足以下三个条件：(1)原料采用可再生资源，不会破坏生态平衡和导致资源枯竭；(2)生产过程不会对环境造成污染，符合节能和环保的要求，产品穿着健康舒适；(3)制成品废弃后可回收利用或可在自然条件下降解。本文主要简述了丝瓜纤维与荷纤维的性能、应用和发展前景。

1、丝瓜纤维

1.1.丝瓜纤维的背景

随着近年来在众多蔬菜展览会上“丝瓜王”的节节长高，几米长的大丝瓜已经随处可见，但主要还是作为观赏。然而，这么长的丝瓜若是等到在藤蔓上晒干后却是大有作为的。当然，不管是短丝瓜还是长丝瓜，都不能只是餐桌上的一道菜肴，随着这几年对其大范围的种植、推广，丝瓜纤维制品已经呈现出多元化,经过加工制作，可以制成丝瓜络鞋垫、抱枕芯、床垫、浴具等百余种不同的生活保健日用品。

1.2 丝瓜纤维的性能

丝瓜纤维是丝瓜成熟、干燥之后，里面呈现出来的网状纤维，民间又称为丝瓜络、丝瓜布等。我国人民使用丝瓜纤维的历史非常悠久。明朝时期的《中华本草》、《医林纂要》、《本草再新》等古代医学著作上均有记载。中医总体认为其具有凉血解毒、利水去湿等功效。现代科学研究也发现，丝瓜络含木聚糖、甘露聚糖、半乳聚糖等，有镇静、镇痛、抗炎等作用。

丝瓜络纤维呈网格状，柔韧而有弹性，吸水性强，回潮率高于棉纤维且与麻相近，吸潮，吸汗，透气导湿性良好。

1.3 丝瓜纤维的应用

1.3.1 丝瓜络鞋垫

俗话说“人之有脚，犹似树之有根；树枯根先竭，人老脚先衰。”纯天然丝瓜络保健鞋垫能克服皮鞋垫生硬、变形、聚臭，塑料鞋垫打滑、异味等弊端，也不会像纯棉鞋垫那样汗多会发滑发粘、不干易霉烂，即使脚汗再多，表面是干爽的，有点象“尿不湿”。此外，丝瓜络能改善鞋内温热潮湿的环境，抑制细菌的繁殖生长；能够有效吸震，减少运动时对身体各部位的伤害；由于天然植物纤维本身所具有的特殊结构，丝瓜络鞋垫的透气性在所有鞋垫材料中是首屈一指的，长期使用可达到预防脚臭、脚汗和脚气的目的。久用后的丝瓜络鞋垫还可以改造成洗刷鞋底的环保工具。

1.3.2 天然丝瓜络沐浴制品

天然丝瓜络沐浴制品已经成为消费者在沐浴时美容保健用品首选商品之一，成为许多酒店、洗浴中心和家庭沐浴室的必备物品。丝瓜络比较坚韧，用天然丝瓜络制成的沐浴用品洗澡擦身、按摩、推拿，可以有效地除去皮肤表层的尘埃，擦去毛孔中多余的脂油，对粉刺、痤疮等皮肤疾病有很好的疗效和预防保健作用，同时促进血液循环，加速新陈代谢，增强自身免疫力。使用后即

感周身舒适，神爽脑健，长期使用可使肌肤红润健康，焕发青春魅力，延缓皮肤因年龄因素造成的自然衰老现象。

1.3.3 丝瓜纤维床上制品

丝瓜纤维制成的床垫和床枕等一般都裹有纯棉的外罩，并非直接接触物，其可以吸收消除人体汗气、湿气、异味，保持空气清新，床位干燥，营造舒适、完美的睡眠环境。丝瓜络的祛风通络、凉血解毒等功效，使得睡眠中也能促进血液循环和新陈代谢，缓解疲劳，提高睡眠质量。对肩周痛、腰痛、关节痛、失眠、气喘等症状具有明显的辅助疗效。丝瓜络的抑菌、防臭、防潮功效，使得床品保持干爽，绿色环保，健康养生。用丝瓜络当内胆制成的抱枕、颈枕、坐垫等可以净化空气，去除异味，吸湿防霉，保持空气清新。适用于放置在床铺、车座、沙发、椅子上。坐垫更是治疗骨刺的保健佳品之一。

1.3.4 丝瓜络玩具及饰品

纯天然植物纤维宠物玩具，即使吃到肚子里也可消化，还可以去除动物的牙垢，纤维材质又不容易沾到地上的灰尘。丝瓜络做成具有农村气息的装饰品，也逐渐走入了人们的视线，小到手机挂件、服饰挂件，大到装饰摆设品。

1.4 不足

在目前对丝瓜制品还没有相应的行业法规来制约、规范的同时，需要消费者更要在购买和使用时要注意：

(1)购买时首先需要结合“嗅、摸、看”来直观识别，防止霉烂的丝瓜制品以次充好。目前丝瓜纤维还是后加工的状态，因其加工条件的局限性，其丝瓜纤维制品的保质期受到一定的限制，主要受保存环境的影响，故尽可能的将洗涤后的丝瓜纤维制品除湿干燥后密封保存。

(2)使用过程中若发现霉黑掉，尽量丢弃。但洗涤后颜色变暗属于正常现象。

(3)洗涤时要使用比较柔和的洗涤剂，以增加其使用寿命。对床垫、床枕等则只需要洗涤外罩，而其内的丝瓜纤维制品则可以定期晾晒。

2、荷纤维

2.1 荷纤维的背景

我国的莲藕种植面积有近千万亩，主要以收获莲藕和莲子为主，大量荷杆，不是枯萎腐烂，就是被随意扔弃，如果每亩荷杆重量按 2.5 吨计算，每年有上千万吨荷杆被抛弃。如能使得这种天然的农业废弃物经过科学合理的加工后成为一种新纤维，那将会带来巨大的经济效益和社会效益。

2.2 荷纤维的性能

荷纤维，取材于莲藕收获之后的农业废弃物—荷叶茎，又称“莲纤维”。荷纤维是由荷叶茎内带状螺旋状导管及管胞的次生壁抽长而成的植物纤维。经物理方法提取的荷纤维细长柔软，纵向呈带状螺旋状并带有横节，外观乳黄。荷纤维是由多根单丝纤维(或称为微细纤维)缔合成的扁平带状复丝纤维，一般由 4~10 根单丝组成一根复丝纤维。单丝纤维直径约 4 μm ，单丝纤维横向缔合间距为 3~5 μm 。莲纤维呈现的横截面形态近似于圆形或卵圆形，横截面有中腔和孔洞。

鲜荷杆人工抽取的纤维更具有蚕丝的特点，长度长，细度细，色泽洁白，柔软飘逸；而干态机械加工的方法制取的纤维更像麻纤维，纤维较粗硬，色泽棕白色。荷纤维的密度比棉、苧麻的密度小，与蚕丝、腈纶接近。荷纤维密度较小，质量轻，纤维柔软、飘逸。荷纤维的线密度小于苧麻、蚕丝，与棉纤维及棉型化纤的线密度较接近。可见，荷纤维较细，有利于成纱强力和条干均匀度，可纺高支高密纱。荷纤维回潮率与苧麻接近，比棉、蚕丝大，比羊毛、粘胶要小，具有很好的吸湿性。

2.3 荷纤维的应用

荷纤维的制取方法主要有：鲜态纤维的人工直接抽取方法和干态荷秆的机械加工方法。另外，经过浸泡处理，利用水中的微生物对荷秆进行部分物质分解，然后在干燥后，进行干燥机械加工，更容易制取纤维。荷纤维的加工方法都是自然地依靠物理方法加工，最多是利用微生物进行预先处理。对自然环境几乎不会产生任何不利影响，而制取的纤维可以进行纺织的任何加工，是优良的纺织纤维。荷纤维是一种较好的纺织加工纤维，并且纤维属于长丝类纤维，长度长，可以切断进行短纤维纺纱。

将荷纤维用于纯纺或混纺，所织成的纺织品具有布面粗犷、手感硬爽、防静电、自然舒适且不损伤皮肤等特点，是制作外套、衬衫、T恤等夏季服装的理想面料，特别适合在热湿环境下穿着。荷纤维用于医疗手术缝合线、纱布、止血条、止血带，是当今医疗领域一种新型医用材料和敷料。它解决了粘连、拆除、降解、过敏、炎症、止血等问题。其特征表现在，它不会引起植入部位组织炎症和低触过敏反应，能在机体内逐渐与肌肉和血液分子相互渗透和扩散，自动消化吸收生物降解，不用拆线、不留疤痕、不怕粘连、止血快，是内外科手术、五官整容手术、烫烧伤病人和一般紧急外伤处理的必备用品。2010年的米兰时装周，意大利品牌商的展示，将荷纤维成功用于纺织品生产中。相信随着人们对大自然的亲近，荷纤维将以千姿百态出现在大家的面前。

3、前景展望

纺织工业协会制定“十二五”和今后十年的发展纲要，这个纲要重要领域是纤维材料的发展战略。首当其冲是天然纤维继续用好而且要扩大。

丝瓜纤维制品的意义不仅增加了一种新的天然纺织材料，提高了纺织产品的多样性和附加值，而且也提高了资源的综合利用率。丝瓜的商业性种植和开

发在我国已有十余年的历史，由于产品绝大部分都是出口到欧美市场，在国内并不广为人知。丝瓜络作为目前国际上公认的最高档的鞋垫片材，一直热销欧美等发达国家市场。随着国内经济的持续发展以及人们消费观念的进步，也必将逐步为广大国内消费者所认可。

荷纤维富含多种对人体健康有益的微量元素，其织物具有良好的抑菌保健和吸湿排汗功能，尤其是该纤维的开发可以让农业废弃物作为资源来发展循环农业，不仅仅有利于生态环境保护，同时其制品还满足了人们崇尚自然、追求舒适和保健的需求，可为纺织服装企业创造良好的社会效益和经济效益。

天然丝瓜纤维是一种短纤维，而荷纤维是一种长丝状的长纤维。如何从丝瓜络真正提取出纺织用的丝瓜纤维，然后使得两种绿色环保纤维结合起来，并在服装领域担当主角，这是一项值得深究的课题。当然，随着对丝瓜纤维与荷纤维的进一步研究与探讨，我们更要在其标准化、生产化和商业化上取得更大成就。

科技前沿

智能纺织品新方向

电子元件的微型化,及其他结构和使用的导电材料。启动了智能纺织品的开发。用于连接和增强的无线技术不断增强,在未来几年内的需求,市场有望进一步增长,市场研究和咨询公布了一份报告。

报告将详细在智能纺织品行业,介绍市场动态,发展趋势,提供了一个供需全面的观点。这项研究的目的是提供详尽的信息,关于估计和预测,如关键类

型，包括极化和非极化，以及行业主要用途，包括时尚娱乐，体育健身，医疗，交通，保护，军事和建筑等。

相同水平重点区域的市场，它分析在过去一直推动和抑制全球智能纺织品市场各种因素。

科技时代，所有的东西都在向智能方向发展，智能手机、智能电视、智能……就连服装也要智能的。纺织服装智能开发已经启动，纺织品正走在智能探索的发展道路上，未来仍是未知数。

此外，该研究分析了每个驱动和约束市场上的增长原因，从而形成了市场预测的影响基础。该报告还展示了在市场上的各种机会，这可采取行动为未来驱动市场的方针。

智能纺织品是在各种行业终端使用，预计在运动和健身，通过个人防护设备，防护与安全，以及家庭健康监测。

报告建议，关于健身的重要性的认识，在体育方面带动采纳这些纺织品，在纺织和电子行业的生产实践，以及需要更合适的形式。

在2012年北美占整体市场份额的多数，在未来几年，预计将继续成为占主导地位的地区。

蓝牙低功耗(BLE)技术，在诸如笔记本电脑和移动电话等，基于传感器的设备，有望在智能织物连接到互联网增加使用。

新兴技术和不断研究开发，预计将有助于提高织物技术集成，成本参数，从而实现完全商业化。

智能纺织品或智慧型布料，可以被定义为纺织品与环境互动，其中包括热，机械，电和化学源反应以及物理刺激的能力。

传感器和执行器是智能纺织品的基本组成部分。为了让消费者通过这些产

品，上述组件需要无缝集成到织物上。

集成到智能纺织品的材料，包括光纤，金属和导电聚合物，织物也可涂纳米颗粒以赋予功能，例如水的排斥性，防紫外线，能对于延长时间周期的抗菌性。

能量动能机芯或嵌入太阳能电池等可穿戴技术，预期将导致有利的市场前景。

编者注：所谓智能纺织品是指可广泛指纤维、布料及成衣对外界刺激如温度、湿度、光线、压力、电子磁场等因素，有感知并做出反应的一类纺织品的统称。

技术讲座

纺织设备状态维修的理论与实践

改革开放以来，国外先进的状态维修模式传入了我国纺织企业，使得开展了几十年的周期计划维修的单一模式发生了变化。当前在全国纺织企业中，同时并存着周期计划维修，延长周期计划维修，混和维修（周期计划与状态维修相间）和状态维修等多种维修模式。在先期开展状态维修的企业中，有的方法对路，已尝到了甜头，体会是“状态维修好得很”；有的则急于求成，走入了误区，教训是“状态维修不一定好。”至今还未开展状态维修的企业中，不少单位十分愿意淘汰周期维修，代之以状态维修，但又不知如何开展。因为计划经济时期厂际间的便捷交流已成为历史，市场经济条件下企业的现代化管理技术成果不流外人田。面对即将“入世”的我国纺织企业，在多种设备维修模式并存的情况下，究竟选择哪一种最能代表先进的生产力，以便更好地应对“入世”，这是企业面临的一个重要问题。

本讲座系根据武汉纺织大学林子务先生的同名讲座略作改编，从设备维修的沿革、发展，着重阐述状态维修的意义、必要性、理论基础、内涵和与周期计划维修模式的异同，以及企业如何开展状态维修等诸方面的内容。旨在帮助企业决策者和相关技术管理人员提高对状态维修新模式的理论水平和实践操作水平，为创造有中国特色的纺织设备状态维修的新模式推波助澜。

第一讲 我国纺织企业设备状态维修的现状及其重要意义

1 状态维修的来由

1.1 国外设备维修模式的发展历史

设备维修体制发展至今已有四代历史，第一代(1950 年以前)是事后维修制(Run-to-breakdown maintenance)，就是在设备发生故障之后才进行检修，这一时代经历了兼修时代（操作工又是维修工）和专修时代（有专业维修工）。它的特点是设备坏了才修，不坏不修。

第二代：预防维修模式（Preventive maintenance）(1950—1960 年)，其修理间隔的确定主要根据经验和统计资料，以保证机器的完好率处于一定水平，但是它很难预防由于随机因素引起的偶发事故，同时也废弃了许多还可继续使用的零部件，而且增加了不必要的拆装次数，造成维修时间的浪费。预防维修制又派生为两大体系：

1) 前苏联为首的计划预修制（含中国），其理论根据：摩擦学、磨损理论（Wear and tear）。其优点是减少非计划（故障）停机，将潜在故障消灭在萌芽状态。其缺点是经济性考虑不够。由于计划维修时间的准确性不易把握，可能产生维修过剩或维修不足，带有一定的盲目性。

2) 以美国为首的预防维修制，其理论根据是摩擦学、周期检查、诊断。其优点是减少故障停机，检查后的计划维修可减少部分维修的盲目性。其缺点是

受检查手段和人经验的制约，仍可能使计划不准确，造成维修冗余或不足。

第三代：生产维修阶段（Productive maintenance）（1960 年—1970 年）以美国为代表的西方国家多采用此维修管理体制，生产维修由四部分组成：事后维修（Breakdown maintenance）；预防维修（Preventive maintenance）；改善维修（Corrective maintenance）；维修预防（Maintenance prevention）。这一维修体制突出了维修策略的灵活性，吸收了后勤工程学的内容，提出了维修预防、提高设备可靠性设计水平以及无维修和少维修的设计思想，把机器的设计制造与使用维修连成一体。

第四代（1970 年至今）：视情维修制（On-condition maintenance），即我国所称的状态维修（本文都用这一称谓）。这种体制着眼于每台设备的具体技术状况，一反定期维修的常规而采取定期检测，对设备异常运转情况的发展密切追踪监测，仅在必要时才进行修理。规范化的巡视检测可以早期发现初期故障及其演变情形，从而推算出来“什么时候达到允许的恶化程度？什么时候必须停机修理？”，此所谓趋向监测，它可使设备维修人员提前做好修理准备。基于状态监测的状态维修起始于 70 年代初期，在连续生产过程企业中取得了成功，获得了较高的设备利用率以及生产效率。对旋转机械的状态监测尤为有效，不乏实例。某化工厂采用状态维修后，每年维修次数由 247 次降到 14 次，而且可以预报故障的发生时间和起因。某炼油厂电机维修费用减少了 75%。一家造纸厂在其振动监测系统运行的第一年就节约了至少 2.5 万美元，等于该监测系统投资的 10 倍。

在以状态维修为主要特征的第四代模式中，还并存有综合工程学（Terotechnology）和全员生产维修（Total production maintenance）以及“以利用率为中心的维修”、“可靠性维修”、“费用有效维修”等模式。

综合工程学，70年代由英国丹尼斯·巴克思提出。其定义为：“为使资产寿命周期费用最经济，把相关的工程技术、管理、财务及业务加以综合的学科。”英国政府以政府行为积极支持丹尼斯的理论，综合工程学这一思想对其他国家也有所影响。

全员生产维修（Total Production Maintenance），是日本在美国生产维修的基础上，吸收了英国综合工程学和鞍钢宪法群众路线的思想，提出“全员生产维修”的概念。

尽管当今世界有多种设备维修方式，但都有一个共同特征：注重企业的文化性和人的能动性，突出技术性和经济性，把设备故障消灭在萌芽的状态之中。将这一共同特征体现得最全面的，要算状态维修模式了。

1.2 我国工交企业设备状态维修的发展概况

我国于1979年在漳州召开的“文革”以来“第一届设备维修学会年会”，首次将国外先进的状态维修“作为设备维修工作中科学管理方法和新技术之一推介到企业。”

1983年1月国家经委颁布了《国营工业交通企业设备管理试行条例》，条例规定：“在根据生产需要，逐步采用现代故障诊断和状态监测技术，发展以状态监测为基础的预防维修体制”，设备维修学会于同年3月在南京召开的“首届设备诊断技术专题座谈会”，并发出了“积极开发和应用设备诊断技术为四化建设服务”倡议书，标志着我国工交企业的设备状态维修进入了起步阶段。《试行条例》的规定和“倡议书”的建议，得到全国许多行业、企业和有关院校的积极响应，开始学习国外经验，进行调研，制订规划，和开展试点工作，使设备状态维修的理论和方法研究、手段的开发和研制、实际应用推广等逐步列入设备管理的议事日程。

在 1986 年召开的第二次全国设备管理工作会议上明确指出：“应该从单纯以时间为基础的检修制度，逐步发展到以设备的实际技术状态为基础的检修制度。不但要看设备运转了多长时间，还要看设备的实际使用状况来确定设备该不该修。也就是说，要从静态管理发展到动态管理。这就要求我们采用一系列先进的仪器来诊断设备的状况，通过检查诊断来确定检修的项目。”阐明了设备诊断和维修方式改革的关系，拓宽了对设备诊断认识的视野，对设备诊断向广度和深度的发展起到了巨大的推动作用。

由于国家的推动，加上企业对状态维修认识的提高和通过实践所取得的效益，状态维修的普及规模逐渐扩大，且从普及走向了提高。

1.3 我国纺织设备维修模式的沿革与状态维修的兴起

我国纺织行业大约在 20 世纪 20~30 年代就已经采用了较简单的周期制进行大小平车。新中国成立后，我国纺织企业的设备维修，从 50 年代起，一直采用的是前苏联的周期计划维修模式，即定期大、小平车。从理论上讲，周期计划维修是属于预防维修范畴，在保证设备完好、延长设备的使用寿命方面发挥了积极作用。但是，随着现代工业技术的不断发展，使纺织机械的内涵变化巨大，机械工艺性能和安全性能有很大提高，随之引起的设备维修也更趋合理。自 80 年代以后，状态维修的理论逐步渗透到我国，其优越性已越来越被人们接受。根据设备运行状态的优劣，确定维修方式和维修时间，比传统的周期计划维修前进了一大步。虽同为预防维修，但两者有很大不同。状态维修，特别注重预防检查、监测，既做到了预防，又避免了过剩维修；而周期计划所欠缺的正是这一点。

为了吸收国外先进的维修经验和执行 1983 年 1 月国家经委新的设备管理《试行条例》，我国纺织主管部门于 1984 年初在上海国棉十七厂进行了设备状

态维修的先期试点，并于当年在山东泰安市召开了推广会，该厂在会上介绍了试点的经验。1988年8月，纺织工业部颁发了新的《纺织工业企业设备管理制度》（简称“48条”），明确指出“推行先进的设备管理方法和维修技术，逐步采用以设备状态为基础的设备维修方法，不断提高设备管理和维修技术现代化水平。”由于几十年传统周期计划维修习惯的影响和以后计划经济体制和机构改革等种种原因，先进的状态维修管理模式始终未能在全行业内铺开。

80年代末、90年代初，我国先后引进了一批具有世界先进水平的纺织机械，如清梳联合机、自动络筒机、各类型无梭织机和后整理机械等。这些进口设备除了清洁、润滑、保养和局部检修项目之外，并无大小平车内容。进口设备一般都具有机、电、气、仪一体化，技术含量高，结构复杂，装配精度高。若按传统的维修方法，周期性的拆装，不但不会使设备恢复其精度，反而还会在拆装过程中造成不必要的损坏，降低工艺要求精度，影响设备发挥原有的效能。因此，有的企业从进口设备投入使用开始，就采用状态维修替代周期性的大小平车。重点做好巡检、清洁、润滑保养和局部检修工作，实践证明收效良好。这一模式以后又被企业先期试行经济体制改革的珠江三角洲地区部分厂家大胆地引用到国产设备上，并根据国产设备新老机型各自的特点，分别采取周期性计划与状态维修相结合的方式进行了设备维修的全面创新，也取得了良好的工艺效果和维修投入大大降低的经济效果。这种维修模式改革的浪潮由南向北在全国少数纺织企业中进行传播，各地厂家结合自身特点不断充实和完善。

另一方面，很多企业在长期的设备管理工作中，早就发现维修过剩，浪费了不少人力和物力，对周期计划维修产生了质疑。但在计划经济体制时期，维修模式全国一盘棋，谁也不曾敢突破。但是在改革的大环境下，不少企业已由质疑变为延长周期时间，这虽说只是维修模式的改良，但却为模式的变革打下

了基础。在状态维修新模式的波及下，终于闯进了状态维修的新天地。

2 我国纺织企业设备状态维修的现状

2.1 对部分企业现行设备维修模式的调查

计划经济体制时期，纺织企业设备维修管理是全国一盘棋，采用周期计划维修一个模式。现在市场经济条件下，我国纺织企业设备维修管理的模式又如何呢？要想摸清结构调整后数万家企业各类型的设备维修方式分布情况，是一件很困难的事，甚至全国纺织主管部门，也无此类资料。笔者几年来用信访、实地考察或其他方式对湖北、河南、江苏、浙江、山东、安徽、江西、上海等省市的国有民营乡镇和解放军总后等棉毛麻丝绸化纤共 274 家企业进行了调查，调查内容是结构调整后设备维修方式的变化或企业改制后所引起的原维修方式下技术经济效果的变化。所调查有代表性的厂家是上海国棉 17 厂、山东德棉集团恒丰公司、美尔亚美仓毛纺织有限公司、解放军总后 3542 和 3506 厂、江阴市利用集团等国有企业和大中型乡镇企业，其中棉纺织企业有 183 家。调查综合情况见表 1。

表1 274家企业设备维修模式及维修技术经济效果

厂家数	比重 (%)	内容模式	故障下降率(%)	用工下降率(%)	机物料下降率(%)	计划停台率 (%)
27	9.85	周期维修	7~9	4~10	5左右	3~4.5
105	38.32	延长周期时间	11左右	6~15	6~9	2.7左右
48	17.52	大小平车合一延长周期	14~16	7~14	8~11	2.8左右
42	15.33	周期为主状态为辅	13~15	12~18	7~10	2.5左右
33	12.04	状态为主周期为辅	58~72	23~30	14~25	1~1.5
19	6.93	状态维修	70~93	30~40	27~36	0.5~0.8

共 274 状态维修与周期维修比较 +(63%~84%) +(26%~30%) +(22~31%)
-(2.5%~3.7%)

表 1 虽说是 274 家不同纺织行业企业，其设备类型、生产规模和设备管理技术基础都不相同，且故障、用工、机物料消耗和计划停台等四项下降率调查资料子项有的并未达到 274 项，最少的只有 137 项，但表中的不完全统计结果趋势仍然清楚地表明：

(1) 在仍沿用周期计划模式的 27 户企业中，经过企业改制和结构调整后，设备管理已显示成效，但比起维修模式改良或改革的企业来，却处于滞后状态，这种滞后差距随所采用模式的深化而不断增加；

(2) 采用现代的“状态维修”模式的 19 户企业，虽只占调查厂家总数的 6.93%，但与采用“周期维修”模式企业相比，“故障下降率”高出 63%~84%，设备维修“用工下降率”高出 26%~30%，“机物料下降率”高出 22%~31%，“计划停台率”降低了 2.5%~3.7%。这有力说明状态维修的技术经济效果是显著的，尽管该模式的实施面还不足 7%，但是它体现了代表了先进的生产力，显示出先进性和经济性，是目前我国纺织企业设备维修模式的现实选择，有着旺盛的生命力。

表 1“模式”栏中，前三类是原封不动的周期维修模式、延长周期时间或大小平车合一并删去部分内容后，又延长周期的模式企业共有 180 家，占调查总数 274 家的 65.69%。而后三类是部分开展或全部开展状态维修模式的企业，共 94 家，占总数的 34.31%。尽管这两大类模式企业只是全国数万家中的极少一部分，不一定能代表我国纺织企业设备维修模式的全貌，但仍有一定的参考作用。它折射出我国纺织产业设备维修模式的现状，表明只有少部分企业在全部进行状态维修，或原封不动地按传统周期计划模式维修设备；可能有半数以上的企业对原周期计划模式进行改革，而大约有 1/4 的企业开始实践和探索状态维修新模

式。统言之，它表明状态维修模式在近半数的纺织企业中还未被采用，还有巨大的潜力和新的经济增长点。

2.2 采用状态维修企业中的状态维修技术深度情况

笔者在已全面开展状态维修的几家企业中，实地进行了学习和考查；目的在于深入了解这些厂家状态维修开展的深度，直观地目击完全意义上的状态维修模式在我国纺织企业中如何操作，对设备故障以何种方式进行诊断，有哪些成功经验、做法，有何教训等等。这对于全行业深入开展状态维修是十分必要的。

状态维修有两个鲜明的特征，一是以设备状态为基础，加工工艺状态好，就不必修理；二是预先故障诊断，把故障消灭于萌芽时期，避免真正的故障停机。以这两个标准观察全部采用状态维修模式的企业，他们都全部做到了第一特征的要求，而第二个特征只能说部分地或少部地做到了。若全部做到，则能取得更大的收益。换言之，还有很多潜力可挖。

这些企业状态维修的技术深度现状如下：

(1) 能根据设备状况制订维修时间计划，使维修工作很大程度上避免了盲目性。

(2) 对故障的诊断手段大多数厂家以人的感官判断为主，部分结合简易仪器诊断。当然更习惯于感官诊断方式，而利用仪器诊断，据不完全统计只有5%~9%左右，有少数厂家设置了故障诊断技师或工程师，还有的厂家利用计算机对纺纱设备进行故障诊断。

(3) 对一般机台实行了每日点检，对重点机台实行了每日几次巡检。故障点检巡查总时间略少于维修总时间，使维修工原8小时单一的繁重拆装平车作业方式变为巡检和维修复合型技术作业，这对于转变维修方式，提高自身素质

有重要意义。

(4) 把设备管理重心放在纺织设备故障机理的研究上的厂家甚少。

3 状态维修的重要意义

3.1 状态维修与传统模式比较, 有明显的经济性

由传统的周期维修到现代的状态维修, 是设备管理史上的一个飞跃, 它标志着我国纺织企业设备管理正由计划经济时期的静态模式变为适应市场经济的动态模式, 使设备维修更具经济性, 更赋予文化内涵。状态维修虽然在我国纺织行业方兴未艾, 但已显示出旺盛的生命力。广东清远市泰和棉纺厂自 1993 年推行状态维修后, 设备用工逐年下降, 最后由原 279 人降为 177 人, 年节约工资开支 48.96 万元, 设备运转率由以前 82.5%~93.2% 上升为 97.1%~100%, 机物料消耗由 258 万元/年逐步降为 201 万元/年和 166 万元/年, 降幅为 35.66%。山东德棉集团恒丰纺织有限公司, 开展状态维修以来, 维修人员减少了 35.9%, 维修停台总时间下降了 73.1%, 设备运转率提高了 1.3%, 产品质量稳定, 用工开支每年减少 158 万元, 机配件消耗每年节约 126.6 万元, 取得了状态维修的综合效益。湖北津汇股份有限公司原设备总用工 860 人(含动力车间), 改革后为 514 人, 用工降幅为 40.23%, 其前纺一个车间, 机物料由原 91 万元/年逐年下降为 52~45 万元/年, 设备完好率 100%, 故障停台率仅为 0.023%, 取得了状态维修所至的显著成效。

有资料表明, 在连续化生产企业中(纺织属此类企业), 采用状态维修模式, 除减少故障和维修停机时间外, 还能降低原料、综合能耗消耗, 使产品一次制成率提高, 质量稳定, 安全生产持久性也随之显现, 最终产值可增加 0.5%~3%, 其经济效益是可观的。某企业一位老总说:“状态维修是企业降低成本最后的一块阵地。”故然这种说法缺乏科学性, 但不是没有道理的。因此, 开展状态维修,

逐步取代传统的周期计划维修是企业的明智选择。

3.2 状态维修是高技术的组成部分

自 90 年代初，我国纺织产业耗用 1500 亿元引进了不少洋机，这些先进装备无疑促进了全国设备水平的提高。但有些人以为硬件上去了，企业就高枕无忧了，没有把状态维修模式同步与使用先进设备开展，没有很好地研究分析引进设备维护的理性和具体的保养方法，少数企业由于维修观念依旧，仍用传统周期维修方式过多地拆卸精密部件，使得洋机也在 3~5 年后，出现了多故障，先进的装备远远没有到损耗期，就带病运行了。这些遗憾产生的原因，是把“机器硬件”与管理模式“软件”分割开来，没有把状态维修看成是高技术和知识经济的组成部分，仍然习惯于技术、知识和文化含量不高的初放型管理模式。

3.3 状态维修是企业生存与发展的必经之路

在即将“入世”的新形势下，我国纺织产业经过了三年的结构调整，但是从总体上看“由于装备水平和工艺水平落后，加工管理水平仍然较低，棉纺织，发达国家万锭用工平均 60 人，有的已达到 30 人水平，我国平均则为 300 人左右，生产成本低，缺乏竞争力。”在严峻的全球经济一体化新形式下，状态维修是我国纺织企业新的经济增长点，是企业生存和发展的必经之路。我国是世界第一纺织大国，有天文数字的财富还蕴藏在未开展的状态维修之中，现在正是发掘的时候了，企业的老总和领班们，你们准备好了吗？

4 影响纺织企业状态维修进展的主要原因

起步于 80 年代后期的我国工业企业设备状态维修，经历了起步、普及和提高几个阶段，使我国在这一领域与世界水平差距迅速缩小，取得了很大的进展。尤其是石化、冶金、电力、机械等行业，成绩斐然，从简易仪器诊断已发展为精密仪器诊断，开发了有我国特色的机械故障综合诊断仪，声谱、光谱、红外

诊断，直至人工神经网络技术，计算机诊断系统等的应用，使故障诊断准确率大为提高，直接促进了相关行业的经济发展。与这些行业相比，纺织行业设备状态维修还未普及，即使维修模式完全采用状态维修的企业，还未做到以简单仪器诊断为主，而是停留在人的感官为主或感官与仪器结合为主，与先进行业相比，差距是很大的，发展也很不平衡。产生这一现状的原因主要是：

(1) 我国状态维修起步期是纺织行业最景气时期，80年代初，全行业扩规模上新厂，企业的工作重心在发展生产上。而“状态维修”这一新事物还未被认识，即使有其优越性，同黄金时期所得到的效益相比，也只能是芝麻比西瓜。因此一时的繁荣使状况维修在纺织行业搁浅，未能与其他工业行业同时起步。

(2) 纺织行业最先经历了产业结构不合理引起的负面效应从90年代初期的局部亏损，最后到全行业亏损，以至于98年国家把纺织产业作为全国产业结构调整“突破口”，大多数纺织企业奔忙于企业压锭和生存，无精力把状态维修放在议事日程上。引进先进设备的企业有的认为，这类设备先进，保养一下就行了，不必进行状态维修。在老型号为主的厂家则认为能生存下来就是所幸，哪有财力进行状态维修呢？

(3) 纺织行业以单机台多，影响全流程的关键机台不如电力、冶金显得那么“关键”，所以易产生疏忽，认为机台太多，难以事先巡检、诊断。

(4) 几十年的周期计划维修在人们的头脑中根深蒂固，已形成一种十分成熟的模式，状态维修在不少企业的决策人议事日程中，根本没有这个概念。加上纺织行业这些年来，不像计划经济时期经常召开全国性或地区间的设备管理经验技术交流会，甚至有的省级纺织行业分管设备的负责人也感慨道：“我们省主管部门没有号召下面企业进行状态维修，一是不知道如何开展，全国哪个省，哪个厂搞得好些，国家纺织局没公布过，我们学无榜样。每年纺织行业有很多

研讨会交流会，可就是没有状态维修的经验交流会。二是有的厂自己提出到开展得好的厂去学习（是《棉纺织技术》登载的厂），但人家不让进厂门，空手而归。国家搞了二十多年的开放，但这二十多年来，企业越来越封锁……”

显然，目前纺织企业的状况维修十分需要全行业的理性指导，十分需要大力宣传推介状态维修，需要树典型和进行技术交流。

（5）纺织专用诊断仪器奇缺，制约了纺织行业状态维修的进展。

近年来开发纺织仪器方面有了较大的发展，但是开发适合纺织产业设备诊断的仪器却很少。笔者曾在常州某家颇有名气的纺仪厂特地询问，答复是：“我们也研究过其他行业引进的或国内开发的诊断仪器，就技术能力而言，我们也能制造出纺织专用诊断仪器，可是谁要？”而不少纺织厂家却苦于“我们跑了很多地方，就是买不到纺织专用诊断仪器，其他行业的有，但不一定适合纺织厂。”什么叫市场？有需，有供，供需配套，就是市场。因此推进纺织行业设备状态维修，当前尤其需要大专院校、纺仪厂家和纺织厂家三方牵手，开发诊断仪器。面对结构调整后的全国 3 万多家纺织企业，纺织诊断仪器有着广阔的市场。