

第五届功能性纺织品及纳米技术研讨会论文集

主办单位：纺织行业生产力促进中心

中国纺织科学研究院

北京纺织工程学会

天津工业大学“改性与功能纤维”天津市重点实验室

协办单位：张家港市安顺科技发展有限公司

北京三月阳光科技发展有限公司

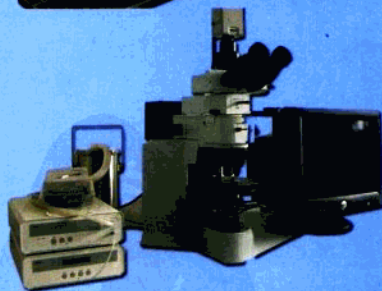
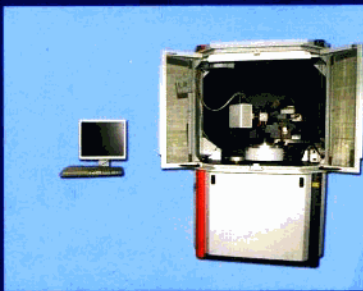
中纺标检验认证中心

天津工业大学“改性与功能纤维”天津市重点实验室 Tianjin Municipal Key Laboratory of Fiber Modification & Functional Fiber (FMFF), Tianjin Polytechnic University

“改性与功能纤维”实验室依托于天津工业大学材料学科。该学科是在原天津纺织工学院化学纤维专业的基础上发展起来的，自1999年以来，先后被天津市确立为重点学科、“十五”重点建设学科和“重中之重”建设学科。

“改性与功能纤维”长期以来一直是天津工业大学重点支持和发展的领域，在科学研究、推广应用、对外学术交流、研究生培养等方面取得了丰硕成果，完成了一批国家、省部级重大科研项目，形成了“纤维结构与性能研究”“化学纤维成形原理及制备技术”“新型功能纤维的研究”“中空纤维分离膜”等的特色研究方向，并拥有一支较高学术水平、结构合理的学术梯队。2003年新增材料学二级学科博士点和纺织功能材料科学与技术自主设置博士点。经过天津市“九五”、“十五”重点投资和中央与地方共建等，实验室硬件设施大大加强，拥有各种纤维成形加工机、多种必需的大型结构分析测试仪器和完备的各种纤维专用测试与观察手段。

实验室将建成面向国内外开放性的实验室，对外实行开放课题资助计划和访问学者制度，吸引国内外一批学术思想新颖、有创新的中青年科学家来实验室进行短期的工作访问，扩大学术交流。同时，实验室愿意为社会提供优质服务，欢迎社会各界的朋友与我们进行技术合作，携手发展。



联系人：张宇峰

电话：022-24528358，022-81274195（手机）；传真：022-24528054

电子邮件：zyf9182@tjpu.edu.cn

http://www.tjpu.edu.cn

第五届功能性纺织品及纳米技术应用研讨会

论 文 集

主办单位

纺织行业生产力促进中心

中国纺织科学研究院

北京纺织工程学会

天津工业大学改性与功能纤维天津市重点实验室

协办单位

张家港安顺科技发展有限公司

中纺标检验认证中心

北京三月阳光科技发展有限公司

2005年5月27日----28日 北京

前言

刚进入2005年,中国纺织服装行业再起波澜。一方面自取消纺织品配额后,我国纺织品出口量有所增长;另一方面继美国宣布对中国纺织品启动设限程序后,欧盟又公布了针对中国纺织品的特别限制措施行动指南,这将会对全球纺织品贸易带来一定的负面影响。中国对外贸易的“蓝皮书”《中国对外贸易形势报告(2005春)》指出:中国坚决反对通过其他手段变相延长配额体制的做法,但中国不鼓励企业通过简单的出口数量增长来开拓国际市场,而鼓励通过技术进步逐步提高产品档次和附加值,以实现纺织品贸易的平稳过渡。开发功能性纺织品将是提高产品档次和附加值的有效途径之一。

可喜的是,通过前几届研讨会,有的单位已将会上所得到的信息、科研成果,结合自身特点,用于产品开发和科研立项;同时有更多的客户前来咨询,希望能解决他们的难题。这既令我们感到鼓舞,也确实感到责任重大,因此我们希望通过本届研讨会能进一步提高论文水平、拓宽研讨领域、强化实用技能、结识更多良师益友。本次活动得到了天津工业大学、西北工程科技学院、清华大学、青岛大学等院校的大力支持,在此表示衷心感谢!

本届研讨会,我们继续得到生产企业和新闻媒体的大力支持,特别是“张家港安顺科技发展有限公司”、“中纺标检验认证中心”、“北京三月阳光科技发展有限公司”和“国家棉纺产品质量监督检验中心”等单位,对会议的圆满举办做出了很多努力和支持。在会议筹备阶段,《中国纺织报》、《化纤信息周刊》、《纺织科学研究》、《科技日报》、《中国纺织信息网》、《中国国际服装网》、《首都科技网》、《光明日报》、《慧聪网纺织行业》等报刊及网站均为此作了报道。在此我们表示衷心地感谢!

在征集论文过程中,来稿踊跃。但由于篇幅有限,有的文章未能入选,希望有关作者谅解。另外,我们还收集了部分有关功能性纺织品和纳米技术的标准、摘录、信息等,仅供参考。

参加本次研讨活动筹备及《论文集》编校工作的有:纺织行业生产力促进中心李庆峰、方锡江、文永奋、刘佳力、邹北京,北京纺织工程学会顾凤珍、王惠明、王旭山、韦嗣康,天津工业大学程博闻、张宇锋等同志。在此,向所有关心和支持本次研讨会的同仁们表示感谢!

“第五届功能性纺织品及纳米技术应用研讨会”组委会

2005年5月26日

目 录

产 业 用 纺 织 品

1 膜结构建筑和膜材料-----	1
徐朴 李桂梅 中国产业用纺织品行业协会	
2 聚甲基丙烯酸酯系复合型吸油非织造布的研制-----	10
封严 肖长发 天津工业大学	
3 纳米光催化功能性空气过滤材料降解甲醛及抗菌性能的实验研究-----	14
黄翔 梁才航 顾群 西安工程科技学院	
4 纳米光催化与 ACF 组合技术净化空气的性能分析-----	24
赵丽宁 黄翔 狄育慧 西安工程科技学院	
5 驻极体空气滤材质量的主要评价指标初探-----	29
谢小军 黄翔 狄育慧 西安工程科技学院	
6 水性聚氨酯阻燃拒水涂层胶的开发-----	33
邓燕 钟国宏 张春香 于克乾 张淑琦 北京中纺化工有限公司	
7 低干热收缩率 PA6 帘线的制备-----	37
汤恩旗 安树林 张宇峰 天津工业大学	
8 聚乙烯醇螯合纤维的制备及其吸附性能的研究-----	41
张华 逯阳 天津工业大学	
9 UHMWPE 纤维表面改性及其复合材料-----	48
张宇峰 安树林 贾广霞 肖长发 陈群 天津工业大学	
10 含活性炭的 PAN-PVDC 纤维对甲基橙吸附行为的研究-----	51
梁晓飞 张华 穆静 王学晨 牛建津 天津工业大学	
11 纳米非织造材料的制备与应用-----	58
邢一东 天津工业大学	

智 能 纺 织 品

12 智能纺织品的设计思路-----	61
顾振亚 天津工业大学	
13 可用于智能纺织品的柔性电子器件-----	64
李扬 邱勇 清华大学	
14 PCM 在智能保温服装上应用的可能性和后续研究重点-----	68
施楠楠 张燕 总后军需装备研究所	
15 PCM 微胶囊改善纺织品的温度调节性能研究-----	72
宋庆文 李毅 邢建伟 姚宝国 应柏安 胡军岩 香港理工大学	
16 服装未来的发展趋势——智能服装-----	80
单毓霞 王玉秀 天津工业大学	
17 热致感应型形状记忆纤维的制备及性能研究-----	85
于晓 韩永良 刘杪 陈莉 天津工业大学	

电 纺 丝

18 电纺丝在生物医用功能材料中的应用	94
胡平 齐宏旭 张璐 宋菲 林蔚杰 清华大学	
19 再生丝素—壳聚糖共混静电纺丝的研究	96
常丽娜 张幼珠 苏州大学材料工程学院	
20 静电纺聚己二酸己二醇酯纳米纤维的制备	101
康卫民 程博闻 丁长坤 韩瑞雪 牛海涛 天津工业大学	

功能性新纤维及织物

21 高效负离子远红外复合粉在涤纶短纤中的应用	106
李强 ¹ 李纪安 ² 黎德材 ³ 文永备 北京矿冶研究总院, 2. 张家港市安尔顺科技发展有限公司, 3. 成都新创佳科技有限公司, 4. 纺织行业生产力促进中心	
22 磁性纤维与织物的开发与应用	111
董健 高成杰 深圳市卫生服装厂 北京洁尔奥高科技有限公司	
23 变色纤维材料研究进展	116
张金安 李青山 姚刚 大庆职业技术学院 燕山大学材料学院	
24 防尘螨纤维及纺织品研究的最新进展	123
马正升 中石化上海石化股份有限公司	
25 几种功能性纤维在纺织品中的应用	130
程学忠 白玲 文永备 中国纺织科学研究院	
26 复合功能纤维和织物研究与开发的新途径	136
俞行 ¹ 汪乐江 ¹ 1. 中化化工科学技术研究总院 2. 中国纺织科学研究院	
27 低熔点聚酯的开发应用	141
程贞娟 罗海林 钱建华 孙福 浙江理工大学	
28 海泡石填充聚丙烯酸树脂的制备及其吸水性能研究	144
丁远蓉 肖长发 贾广霞 安树林 天津工业大学	
29 纤维级碳黑母粒的导电性能研究	149
金欣 肖长发 贾广霞 安树林 天津工业大学	
30 聚乳酸(PLA)纤维的生产及应用开发	154
成玲 天津工业大学	
31 半细羊毛和细旦涤纶纤维混纺技术研究	159
赵海龙 ¹ 朱宝瑜 ¹ 王荣 ² 周方颖 ¹ 张得昆 ¹ 杨文 西安工程科技学院 2. 张家港市升隆毛精纺厂	
32 防微波纤维的屏蔽性能研究	164
齐鲁 叶建中 贾华明 于斌 邹建柱 天津工业大学	
33 关于负离子纤维及其制品开发中的几个问题	168
于俊林 程博闻 天津工业大学	
34 耐切割化学纤维研究进展	172
赵义平 陈莉 唐京涛 天津工业大学	
35 蓄热调温阻燃纤维的制备与性能	176
张兴祥 王学晨 牛建津 吴世臻 天津工业大学	
36 抗菌除臭纤维用无机纳米材料	183
梁小平 李万灯 蒋强 刘亚津 天津工业大学	

37 纳米氯化镁对活性炭纤维表面的修饰	188
刘秀军 赵乃勤 天津工业大学	
38 无机纳微米材料改性及其在功能纤维中的应用	193
张桂芳 程博闻 天津工业大学	
39 功能性和差别化纺织品聚酯原料的工业化生产	197
段吉文 格莱仕(无锡)聚酯技术有限公司	
40 凉爽苎麻针织产品开发	203
邹桦 张尚勇 武汉科技学院纺研所	

纳米技术与功能性整理技术

41 纺织功能整理剂与相关功能面料	209
马树胜 1 王兴福 2 1 天津印染厂股份有限公司 2 北京洁尔奥高科技有限公司	
42 高附加值的功能性整理—三防易去污整理	216
高殿权 祝斌 北京中纺化工有限公司	
43 燕大奇才负离子添加剂的研究与应用	221
李青山 1 姚刚 1 邹宏震 2 李柏峰 2 王新伟 2 1. 燕山大学 2. 燕大奇才科技开发公司	
44 抗静电剂 FK-311 的应用性能研究	227
康志华 高殿权 祝斌 中国纺织科学研究院助剂中心	
45 β -一环糊精接枝棉织物的研究	230
刘夺奎 1 顾振亚 1 张莹 2 1 天津工业大学 2 中国纺织科学研究院	
46 丝光/生物酶整理对竹纤维针织面料服用性能的影响	235
万志琴 惠州学院	
47 蛹壳聚糖对羊绒织物的抗菌防皱整理研究	239
黄立新 朱春翔 嘉兴学院 浙江华源羊绒制品有限公司	
48 纺织品抗紫外线整理的开发和研究	242
唐增荣 上海印染技术研究所	
49 二氧化钛光触媒在纺织品中的应用	250
只金芳 吴良专 中国科学院理化技术研究所	
50 羊绒针织服装纳米防螨抗菌整理的研究	255
薛涛 1 孟家光 2 1 西安交通大学 2 西安工程科技学院	
51 用纳米二氧化钛对棉织物进行抗紫外整理的研究	260
邓桦 忻浩忠 1. 天津工业大学 2. 香港理工大学纺织与制衣学院	
52 运用纳米技术整理的服装面料性能探讨	264
姚登运 张庆 上海纺织科学研究院	
53 新型含纳米 ZnO 抗紫外整理剂的应用研究	267
陈英 1 张永文 2 1 北京市服装面料研究开发与评价重点实验室 2 北京服装学院	
54 对纳米纤维风格影响因素的探讨	272
曲炯 狄友波 孙常青 品德羊毛(太原)有限公司	
55 超声波对纳米材料分散性能影响的研究	275
马建伟 王广阔 青岛大学纺织服装学院	
56 纳米 ZnO/TiO_2 复合材料的制备及其对纺织品的功能整理	281
郑敏 1 戴正明 2 1. 苏州大学 2. 江苏河海纳米科技股份有限公司	

57 纳米二氧化钛复合抗菌剂的抗菌性及抗菌原理	284
陈韶娟 马建伟 青岛大学	
58 纳米管状聚苯胺织物涂层与微波屏蔽性能	293
王进美 1 朱长纯 2 李毅 2 胡军岩 2 李燕华 3 1 西安交通大学 2 香港理工大学 3 西安工程科技学院	
59 纳米技术与抗菌纺织品	297
张美玲 1, 王占刚 2 1. 天津工业大学, 2. 天津工业大学成人教育学院	
60 纳米氧化锡的表面改性	300
丁长坤 程博闻 康卫民 郑伟 董亮 天津工业大学	
61 改性纳米 TiO_2 在纺织加工中的研究	306
杨俊玲 天津工业大学	
62 纳米 TiO_2 水分散液的制备及其稳定性能研究	310
刘瑞华 董永春 王小妮 阎海丽 天津工业大学	
63 溶胶-凝胶法制备功能纤维助剂纳米 TiO_2 粉体	314
蒋强 梁小平 刘亚津 李万灯 天津工业大学	
64 纳米 ZnO 紫外屏蔽剂的制备及其性能评价	318
刘亚津 梁小平 李万灯 蒋强 天津工业大学	
65 纳米陶瓷涂层技术在纺织机械中的应用	323
李万灯 梁小平 蒋强 刘亚津 赵世海 天津工业大学	
66 纳米纺织品概述	328
李秀明 邓桦 天津工业大学	
67 以纳米高科技整合社会资源助推产业发展	332
林辉阳 福建省晓星纺织印染有限公司	
68 纳米 TiO_2 整理剂提升纺织产品功能的应用和实践	333
北京世纪兴纺纳米科技有限公司	

保健与安全

69 电磁辐射屏蔽技术与防电磁辐射纺织品	335
商成杰 董健 北京洁尔奥高科技有限公司, 深圳市卫生服装厂	
70 医用防护服织物结构与透湿量的研究	340
杨建忠 王新艳 西安工程科技学院	
71 糖尿病袜子的最新研究动态	348
李益萍 天津工业大学	
72 纺织品的抗菌——人体抵御病原微生物的外部屏障	353
杨喆 张熙雨 中国纺织科学研究院	
73 基于静脉注射试验的稀土纳米材料免疫安全性研究	356
马建伟 秦泗霞 苏冬梅 青岛大学纺织服装学院	
74 基于皮肤接触试验初探稀土纳米材料对机体免疫功能的影响及遗传毒性作用	365
马建伟 秦泗霞 苏冬梅 陈韶娟 青岛大学纺织服装学院	
75 稀土纳米材料的遗传毒性研究	371
马建伟 秦泗霞 陈韶娟 青岛大学纺织服装学院	
76 空气负离子产生的机理研究	373
黄春松 黄翔 吴志湘 西安工程科技学院	

77 双面经编织物的保暖性研究	380
秦志刚 马晓红 河北科技大学	
78 保健行业的发展	383
中国保健协会	

检测认证

79 功能性纺织品性能评价与纺织品认证	386
周世香 中纺标检验认证中心	
80 织物抗菌性能检测若干问题的讨论	389
许虹 陈仪本 欧阳友生 彭如群 李素娟 冯学忠 广东省微生物分析检测中心	
81 功能织物红外管理特性的检测	391
胡军岩 李毅 杨国荣 王树晓 香港理工大学	
82 中脉保健床上用品科学研究与评价总结报告	397
中国保健协会评价中心	

防伪技术

83 光学纳米薄膜技术及其在防伪、装饰方面的应用	405
徐大雄 北京邮电大学	
84 数字测色防伪系统	410
曹开心 中国防伪技术协会	
85 服装防伪技术简介及应用	413
孔凡栋 1 张欣 1 吴宇 2 1. 西安工程科技学院服装学院 2. 总后军需研究所	

信息摘要

86 纳米材料术语 (GB/T 19619—2004)	416
87 信息摘要	418
(1、纳米技术; 2、功能性服装; 3、功能性面料 4、功能性纤维; 5、其他功能性产品)	

膜结构建筑和膜材料

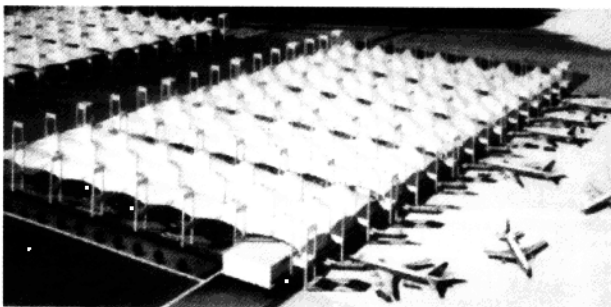
徐 朴 李桂梅

产业用纺织品行业协会

1、膜结构建筑和膜结构纺织品

膜结构建筑的发展和纺织工业的发展息息相关。20 世纪由于化纤工业和玻纤工业的发展，大大拓展了纺织工业的应用领域。由于玻纤和一些合成纤维具有强度高、疏水性好、耐腐蚀、防霉等特性，用其织成的织物再经适当的聚合物涂层和后处理后，可进一步提高其性能和功能，可以广泛地应用于一些大型建筑的屋顶。这种经过特殊处理的纺织材料，一般称之为膜结构纺织材料或膜材料。图 1 为世界上最大的膜结构建筑——沙特吉大机场候机厅，其建筑面积达 42 万平方米。

建筑物采用膜结构纺织材料做屋顶有很多优点。涂层织物与砖、瓦、水泥、钢材等传统建筑材料相比，重量要轻得多。用膜结构材料制作的屋顶，重量仅及传统建筑材料制作的 1/30。因此，膜结构建筑可大大节约支撑结构和加强材料，降低造价。另外，可以适用于建造大跨度建筑，世界上最大膜结构建筑的跨度可以达到 200 米，这是砖瓦、水泥等传统建筑无法达到的。因此，膜结构建筑对于建造大型公共场所、设备库房、材料仓库、展览厅、体育场、机场候车室等特别适用，已成为这些建筑的首选目标之一。除此以外，膜结构建筑可以利用膜材料所具有的透明度，在白天节约照明用电；膜结构材料的建筑物还能较好地承受地震等破坏力。与常规结构材料相比，织物建造的屋顶比较轻巧，很容易取下移置别处；当织物有磨损、损坏时，修复也很方便。采用膜结构材料制作屋顶，可以为建筑师们实现奇思妙想提供条件，达到美化城市的目的。



国际上大约在 20 世纪 60 年代后期~70 年代初期开始出现膜结构建筑群，至今已使用 30 多年，目前仍保持完好。这说明织物膜结构建筑的使用寿命，可以超过三十年，即可以达到永久性建筑的要求。对于那些要求较低的建筑，可以使用质量稍差的膜结构材料，其使用寿命也可以达到 15 年~20 年，即附合半永久性建筑的要求。目前世界上膜结构建筑已成为时尚，特别是历届奥运会场、世博会展馆等大型建筑，都大量采用膜结构建筑，其实用性、经济性、美观性都得到了充分的体现。这些年来，其应用领域越来越广泛，发展的速度也越来越快。

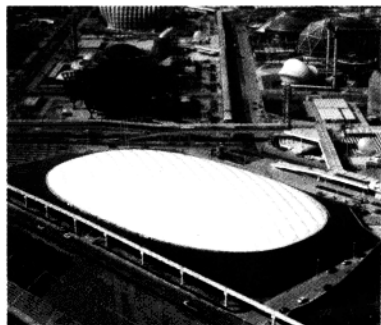


图 2 1970 年建造的大阪世博会美国馆

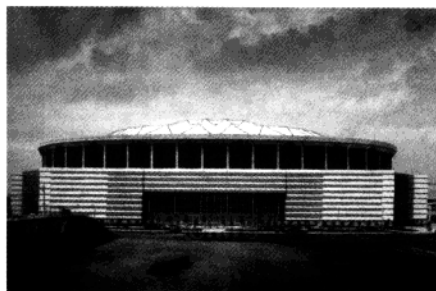


图 3 1996 年亚特兰大奥运会体育馆

中国的膜结构建筑发展相对较晚,1997年前国内只有少量小型和中型的膜结构建筑。1997年上海举办第八届全运会,其主体育场的看台挑篷采用膜结构,挑篷面积达到 36100 平方米(图 4)可同时容纳 8 万名观众。这是我国第一次在大型体育场馆采用膜结构建筑的屋顶,为我国采用膜结构建筑掀开了新的一页,对我国膜结构建筑的发展具有重大的影响。上海采用的膜材料为玻纤织物,外表进行聚四氟乙烯树脂涂层 (PTFE),全部系进口产品。我国第二个大型膜结构建筑是青岛颐中体育场(图 5),总面积为 3 万 m^2 ,采用的膜材料为以涤纶工业丝织造的织物,以 PVC 进行涂层,其顶面层再覆以聚偏 氟乙烯层 (PVDF),可容纳 6 万观众。从此以后,膜结构建筑在我国



图 4 上海八万人体育场

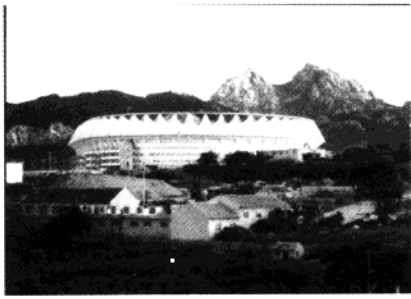


图 5 青岛颐中体育场

得到了迅速发展,例如浙江义乌体育场(图 6)、上海虹口足球场,武汉、郑州、广州以及中小城市(如烟台、威海、秦皇岛等),亦相继建造了运动场馆(图 7)。除了体育场馆外,如水上乐园、剧场、展览馆、会展中心、加油站、飞机场等亦纷纷出现膜结构建筑(图 8、9)。

由于 2008 年北京将举办奥运会,已有一批运动馆计划采用膜结构建筑。而 2010 上海举办世博会,将有 100 多个国家来参展,也需要建设一批永久性、半永久性建筑。2010 年广州将举办亚运会,同样需要建设一定规模的运动场馆。可以预见:中国将面临建设膜结构建筑的高峰期,这将为我国膜结构纺织材料的发展提供极好的机遇。



图 6 浙江义乌体育场



图 7 芜湖体育场



图8 成都水上乐园



图9 三亚会展中心

2、膜结构纺织材料的质量要求

2.1 目前应用最多的几种膜结构纺织材料

- 以玻璃纤维织物为基材，表面涂以聚四氟乙烯树脂或硅树脂；
- 以聚酯纤维织物为基材进行 PVC 涂层，顶层再涂以 PVDF（聚 偏氟乙烯）或贴 PVF 膜（聚 氟乙烯膜）。在涂层之前， 织物需经过预拉伸；
- 将膨化聚四氟乙烯膜（ePTFE）割裂成众多的扁丝，将扁丝加以捻度纺成纱，并织成布，然后再双面贴上氟聚合物薄膜。

2.2 对膜材料的质量要求

2.2.1 要有很好的物理机械性能：包括抗拉强度、模量、抗撕裂强度、耐屈曲性能、基布和涂层之间的剥离强度等，都要求达到很高的要求，以保证膜材料有很好的力学性能，坚牢、耐用。

2.2.2 要有好的耐老化性能，因膜结构材料长期暴露在空气中，受到紫外线辐射的照射。膜材料必须具有抗紫外辐射、抗老化的性能，并且不能因紫外线照射而迅速降解。这就要求不但纤维材料要耐老化，涂层材料也要耐老化。这方面，玻纤织物+聚四氟乙烯涂层的产品有极佳的耐老化性能，目前使用三十年以上而仍能保持较多的剩余强力的，就属于这类产品；而涤纶织物+PVC 涂层的产品就要稍差一些。图 10 为亚麻帆布、聚酯、尼龙织物在阳光曝晒下，剩余强度的变化情况。图 11 为涤纶织物 PVC 受载荷 8 年后机械物理性能的变化情况。由此可知，涤纶织物涂覆 PVC 材料应用 8 年后，断裂强度减少 10%以上，而撕裂强度损失 20%—30%，因此，涂层织物的寿命取决于涂层材料阻隔紫外线的性能，另外，涂层时要把整个织物所有交织点都要覆盖住。

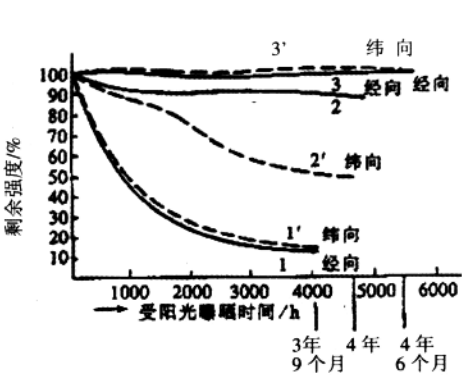


图10 帆布和尼龙涂层织物老化性能

- 1, 1'——亚麻帆布（经整理）
- 2, 2'——用 PVC 涂覆的尼龙织物（琴纶）
- 3, 3'——用 PVC 涂覆的尼龙织物（耐纶）

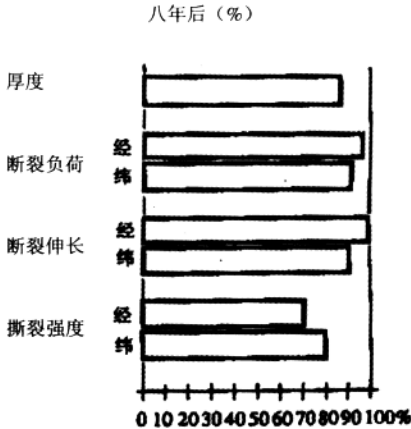


图11 涤纶织物涂 PVC 材料用于充气结构 8 年后的剩余性能

2.2.3 要有好的自洁性能

膜面材料整年暴露在空气中，极易被沾灰和受到其它污染，影响建筑物的美观。玻纤织物经 PTFE 涂层、或 ePTFE 扁丝加捻后织成的织物，两面再贴上氟聚合物膜，这两种织物都具有极佳的自洁性，表面沾上灰尘或其它污染后可以依靠雨水冲刷而自我清洁。即使有些污染不能完全冲刷干净，也可利用一般清洁剂很容易地去除。而聚酯织物+PVC 涂层则很容易沾污，由于 PVC 涂层中含有的增塑剂极易向表层迁移，可以把灰尘及其它污染物粘在一起，很难用一般清洁剂除去。因此，聚酯织物+PVC 涂层的膜材料，其表层（在 PVC 的外层）一般都需再涂上聚偏氟乙烯（或其它涂层材料）层即 PVDF 层，或贴上聚氟乙烯（PVF）膜以达到自洁的要求。正是在聚酯织物的表层涂层上，各公司各有自己的专利，以显示其特有的自洁性能。

2.2.4 要有好的阻燃和防火性能

2.2.5 要有一定的透光性能

膜结构材料在阳光照射下，将大量的热和光反射出去，但也希望将一部分光透过膜，直射到室内。在这方面，以膨化聚四氟乙烯（ePTFE）扁丝织成的布外涂氟聚合物的膜材料，透光率最高，见表 1。

表 1 几种膜材料透光率的对比

织物品种	PVC 涂涤纶织物	PTFE/玻纤织物	Gore Tenara ePTFE/氟聚合物
透光率	13%以下	25%以下	可达 40%

从表中可以看出，由 Gore 公司独家开发的 ePTFE/氟聚合物膜材料具有最高的透光率，室内白天可以不开灯，可大大节约用电。

综合以上，国外对 PTFE/玻纤织物及 PVC/PET 织物两种膜结构作综合对比，如图 12。

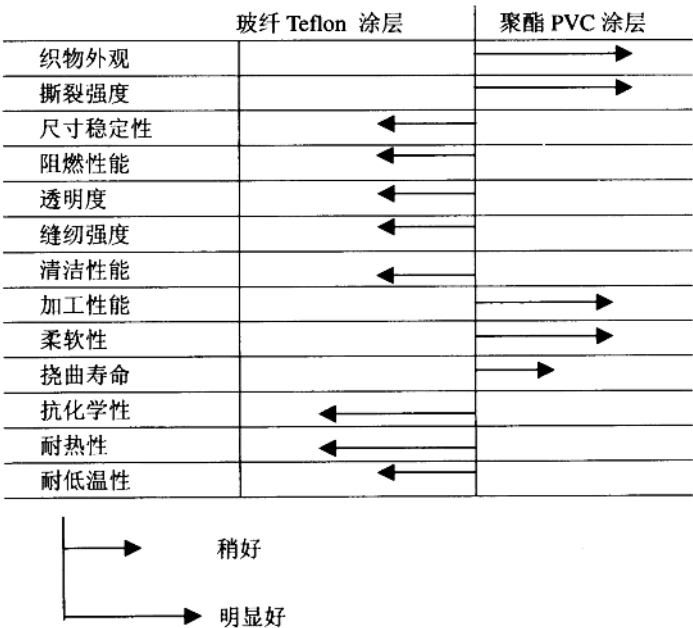


图 12 玻纤织物涂聚四氟乙烯和聚酯织物涂 PVC 对比情况

3、几个生产厂家的膜材料

3.1 德国杜肯（duraskin）建筑膜材：

Verseidag 公司生产玻纤织物涂聚四氟乙烯材料，以及高强聚酯织物涂 PVC，表层再涂以 PVDF（聚偏氟乙烯）膜材料。世界上只有少数几家公司同时具有这两种膜材料。

前面述及玻纤织物涂聚四氟乙烯膜材料，不但强度高，而且由于玻纤和聚四氟乙烯耐候性都十分优良。抗紫外线性能好，使用寿命长，而且它还具有很高的自洁性，这种膜面受空气中灰尘沾污后，可以依赖雨水的冲刷去除，即使一些积垢雨水冲不掉，也可以用普通的清洁剂很容易地清除。因此这种膜材料可以保持膜面长期的光亮、清洁。除此以外，玻纤织物+PTFE 涂层材料作为首选材料，国际上最早选用的这类膜建筑，经历的时间已有超过三十年的，但据称目前仍很完好，图 13 为韩国金山穹顶建筑采用该公司玻纤织物涂 PTFE 材料的情况

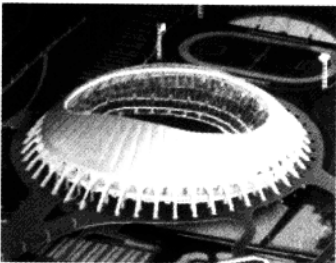


图 13

杜肯玻纤织物涂聚四氟乙烯的膜材，其规格和性能，如表 2 所示：

表 2 Duraskin 玻纤织物涂 PTFE 膜材的性能

膜材型号 项 目	标 准	网格 EC6	网格层合 EC9	1 型 EC3	3 型 EC3	4 型 EC-3
经纬密度/cm	Din EN1049	6/6	3.2+1.7/3.4	13/13	10-11	8/7.5
经纬粗细 dtex	Din 53680	4080	6800	1360	2040	4080
组织结构	Din ISO 9354	仿麻	仿麻	L1/1 平纹	L1/1 平纹	L1/1 平纹
克重 g/m ²	Din EN ISO 2286-2	700	1050	800	1150	1550
抗拉强度 N/5cm (经、纬向)	Din 53354	5/4	4.5/4	4.2/4	7/6	8/7
幅 宽 cm	Din EN ISO 2286-1	300	125	300	470	470
对 550nm 的透光率		30	Ca.50	15	12	8

Verseidag 公司除了生产玻纤织物为基材的膜材外，还生产涤纶工业丝织成的织物涂以 PVC 后，表层再涂以 PVDF（聚偏氟乙烯）。涤纶长丝织物涂以 PVC 后，可以大大提高强度，但如果 PVC 直接暴露在紫外线幅射下，其中的增塑剂容易向表层迁移，容易粘附灰尘，而且不易被一般的清洁剂除去，根本谈不上自洁性，因此仅使用很短时间后，外观就十分难看。表面再涂以 PVDF 就是为了把 PVC 层覆盖住，由于 PVDF 具有较好的抗紫外线性能，可以改善自洁性，增加使用寿命。该公司生产的这类产品的具体规格和性能如表 3 所示（均阻燃）。

表 3 Duraskin 涤纶膜材的性能

	标准	1 型	2 型	3 型	4 型	5 型
经纬密度/cm	DinEN1049	7/7-9/9	12/12	10.5/10.5	14/14	14/14
经纬粗细 dtex	Din53830	1100	1100	1670	1670	2200
组织结构	Din9354	L1/1	P2/2	p2/2	p3/3	P3/3
克重 g/m ²	Din2286.2	800	1050	1350	1500	1650
抗拉伸强度 KN/5cm	Din53354	2.5/2.5-3.0/3.0	4.4/4.0	5.7/5.0	7.4/6.4	9.8/8.3
幅宽 cm	Din2286-1	250	250	250	250	250

3.2 沙特阿拉伯 OBEIKAN 公司亦同时生产两大类建筑膜材：

一类是玻纤长丝织物为基材的 PTFE 涂层产品，其商品名为 OBEFLEX；

另一类为聚酯长丝为基材的 PVC 涂层产品，其商品名为 OBETEX；其表面涂层采取何种材料不详。

两种建筑膜材料的详细技术参数见表 4。

表 4 OBEFlax 与 OBETex 建筑膜材的技术参数

项目	标准	Obetex I	Obetex II	Obetex III	OBEFlax IV	OBEFlax V	OBEFlax VI
克重 g/nm ²	DIN EN22286	800	1150	1550	1200	1425	800
拉伸强度 经/纬 N/5mm	DIN53354	3500/3500	5800/5800	7500/6500	4500/4500	7000/6129	400/3000
撕裂强度 经/纬 N	DIN53363	300/300	500/500	500/500	500/500	500/500	300/300
阻燃性能	DIN4102-A2 ASTM 36 NEFA 101	不燃	不燃	不燃	不燃	不燃	不燃

3.3 德国 Mehle Haku 公司的建筑膜材料

采用聚酯织物 PVC 涂层的膜材，一般表层都要再涂上 PVDF 或聚丙烯酸酯，以防止 PVC 涂层的增塑剂迁移至表层，造成膜材的表面沾污。但聚丙烯酸酯在紫外线照射下很快就会销蚀。而 PVDF 的涂层有的是将 100%PVDF 直接涂敷在 PVC 上，因 PVDF 硬度较高，与 PVC 之间的粘合不牢固（PVC 硬度较低），容易剥离。一旦剥离，则 PVC 直接暴露在紫外线辐射下，增塑剂迁移必然会产生，造成表层粘附灰尘，自洁性大大下降，同时剥离处容易滋生微生物，产生霉变，影响使用寿命。

为了解决这一问题，有些制造商在外层涂层的 PVDF 中加入一定量的聚丙烯酸酯，从而使与 PVC 接触的外层 PVDF 涂层软化，这种制作方法实际上表层是混有聚丙烯酸酯的 PVDF 膜材。这样做虽然解决了剥离的问题，但混合型表层在耐污性和耐久性方面却比 100%的 PVDF 下降了许多。

为此，德国 Mehler 公司的聚酯织物涂 PVC 膜材采用了新的表层涂敷工艺——即所谓 MEHATOP F-primer 涂敷工艺。与其它膜材涂敷工艺不同，它是在 PVC 涂层上先采用聚丙烯酸酯涂敷作为过渡层（Primer），这样就解决了容易剥离的问题。因表层仍是 100% 的 PVDF，自洁性能仍十分优越。Mehler 公司称之为第二代 PVDF 涂层。Mehler 公司是在膜材的双面都采用 PVDF 的表层保护，其情况如图 14 所示。

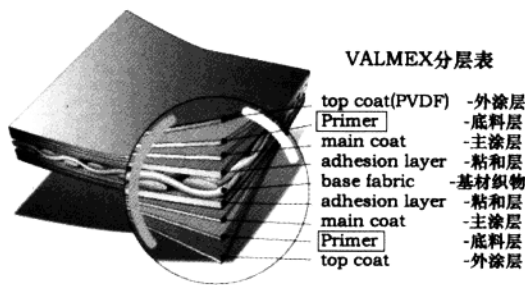


图 14

3.4 日本中兴化成工业株式会社的 PTFE 建筑材料

日本中兴化成工业株式会社采用的玻纤织物，其玻纤的细度是目前世界上最细的，为 3μ ，即称之为玻璃纤维 B 丝；而有的企业采用的为 6μ 的 DE 丝。日本中兴化工指出：采用细的玻纤丝，其单位面积的抗拉强度高，耐屈曲牢度好，在受反复应力时不易疲劳，因此用这种纤维加工成的膜结构材料更经久耐用，图 15 为纤维直径（ μm ）与单位面积抗拉强度之间的关系，图 16 为采用 3μ 及 6μ 直径玻纤纱对膜材料各项质量指标的影响情况。

当然其着重说明的：该种产品的质量比一般玻纤涂层产品更为优越。

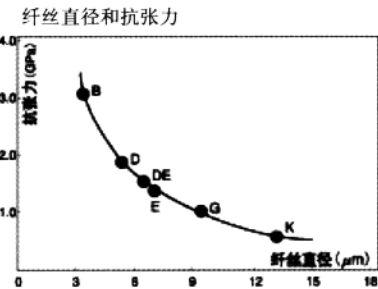


图 15

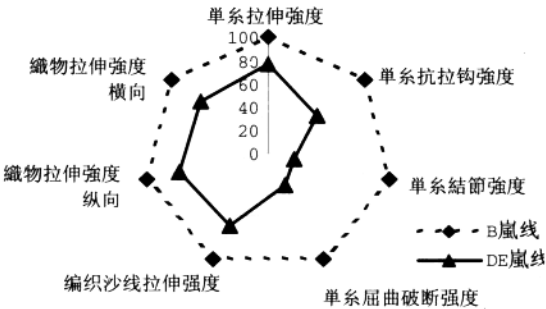


图 16

3.5 W.L GoreTM Tenara & Associates 生产的以高强膨化聚四氟乙烯 (ePTFE) 纱为骨架，表层再覆以氟聚合物做成的膜，形成 100% 的氟聚合物膜结构材料，因此具有世界上最好的耐紫外线幅射的性能，以及十分优异的自洁性能，可以耐严酷的温度条件，使用寿命长。

其骨架材料的制作是将 ePTFE 膜先切割成条，再加捻成纱，然后织成布，双面再层合氟聚合膜材。这样的工艺过程，保证了这种膜材可以达到一定的拉伸强度，特别是撕裂强度可以大大超过玻纤或涤纶为骨架的材料。这种材料的另一个特点是色泽永远可以保持洁白，容易清洁，透光率好。照明可以少用电源，白天主要采用日光透射的光亮便已足够。目前这种膜材料只有 I 型、II 型二大类，I 型的克重为 $630\text{g}/\text{m}^2$ ，厚度为 0.38mm ；II 型的克重为 $830\text{g}/\text{m}^2$ ，厚度为 0.43mm 。根据透光率

的不同，又各分为二种：I 型分为 3T20 及 3T40，II 型分为 4T20 及 4T40。其中，II 型的克重较重，这就决定了它可以耐受更大的拉伸强度和撕破强度，适应制作更为大型的膜。

此类膜材各种规格的光学特性列于表 5。

表 5

项 目 \ 型 号	I 型		II 型	
	3T20	3T40	4T20	4T40
克重 g/m ²	630	630	830	830
透光率	19%	38%	19%	38%
反光率	81%	62%	81%	62%
吸收率	<1%	<1%	<1%	<1%

不同膜材透光率的对比如表 6。

表 6

	PVC 涂涤纶织物	PTFE/玻纤织物	Gore TENARA
透光率	13%以下	25%以下	可达 40%

GoreTMTenara 膜材，各项其它性能如表 7 所示：

表 7

	I 型	II 型
拉伸强度 (ASTMD4851) 经 向 纬 向	3000N/5cm 2900N/5cm	4200N/5cm 4000N/5cm
梯形撕破强度 (ASTMD5587) 经 向 纬 向	818N 854N	925N 925N
折皱强度 (ASTMD4851)	强度指标无变化	
挠曲耐久性 (Newark 挠曲)	挠曲 50000 次，在 0.0758bar/3min 条件下不产生水泄漏	
缝纫强度 (ASTMD4851)	搭结长度为 50m/n(或大于推荐搭结长度),在 20℃时强度为正常条件下强度的 90-95%；在 70℃时为正常条件下强度的 60-70%	

其它性能：

- 抗紫外线：强度和柔软性不受日光影响；
- 抗化学性：具有化学惰性，不受污染而影响，可使用各种清洁剂；
- 连接方式：焊接或缝合均可；
- 燃烧性：属惰性材料，不可燃；

保证使用期: 15 年以上。

3.6 宁波天塔聚氟玻璃纤维有限公司的建筑膜材:

这是国内唯一一家正在准备生产玻纤织物为基材建筑膜材料的厂家。其试生产的产品为 PTFE 氟树脂永久性建筑膜材料。天塔公司专业从事 PTFE 玻璃纤维涂层生产, 已有 20 年的历史, 由于对 PTFE 涂层的玻璃纤维织造需要特定的质量要求, 从 1992 年起改为自行织造玻璃纤维布技术后, 满足了 PTFE 涂层品质的生产要求。它原来生产的产品包括无缝 PTFE 氟树脂纤维运输带等八大系列 PTFE 玻璃纤维涂层产品。从 2000 年起开始进入 PTFE 永久性膜材领域, 并进行了一定的技术开发。该公司已研制出的玻纤织物涂聚四氟乙烯建筑膜结构材料, 并用该材料在一个展会上搭成了一个展棚, 展出了相关的产品和资料。该公司膜材的最大幅度设计为 4.2 米。膜材的质量指标提出了外膜及内膜二个系列, 但产品的规模化生产目前尚处于筹备阶段, 据称能在较短时间内实现规模化生产, 其样本提出了规格和质量指标, 暂略。

4、几点结论:

总结以上分析, 建筑膜结构材料可以分为以下三大类:

第一类为玻纤织物+聚四氟乙烯涂层。

第二类为涤纶织物+PVC 涂层+表层 PVDF 涂层(表层涂层有单双面之分, 另外丙烯酸酯起的作用也有所不同)。

第三类为膨化聚四氟乙烯纱织物+氟聚合物涂层。

第二类与第一类相比, 二者在性能上存在很大差距, 价格亦相差很多。玻纤织物涂 PTFE 膜材料属于永久性建筑材料, 很多用这种材料的建筑物, 具有 20 年以上耐久性的实绩, 最早使用的这种膜建筑, 其使用年限已超过 30 年。而涤纶织物 PVC 表层加 PVDF 膜材料, 一般认为其使用年限在 10 年左右, 特别是 PVDF 表层, 在日光曝晒下不能耐久, 只要表层受损, 沾污现象就十分严重, 因而影响了美观。而 PTFE 膜材的自洁性好, 能保持好的外观, 而且有一定的透光率, 可节约一部分照明能源。

至于第三类膜材, 其织物基材和涂层材料均为氟聚合物, 耐紫外线性能十分优越, 而且透光率高于其它膜材, 这是这种膜材的优点。但这种膜材抗拉强度较玻纤织物涂 PTFE 膜材要差一些(虽然撕裂强度好于后者), 另外, 这种膜材是近两三年内才新开发出来的, 而且价格也很高, 这就决定了要求这种膜材一定要适应永久性建筑。目前国际上还没有大型建筑采用(小型建筑已有多家), 据生产厂家称: 目前正在研究拉伸强度更高的产品。

• 玻纤织物涂聚四氟乙烯膜材是目前永久性建筑首选膜材。但各个厂家生产的亦不完全相同。要考察各项力学指标, 自洁性能的好坏, 透光率的大小等。新的趋势是采用 3μ 细度的所谓 B 丝制作的玻纤织物。因为它具有更好的力学性能和耐疲劳性。

• 涤纶织物涂层产品各企业生产的差别很大, 关键一是涤纶丝织物的质量(包括工业丝的力学性能, 预拉伸的效果等), 另外涂层质量特别是表层涂层的质量问题更是关注的重点。

涤纶长丝织物涂 PVC 后, 必须再涂一层表面层, 以保持表层美观和更好的性能。目前比较多的表面涂层是采用 PVDF(聚偏氟乙烯), 过去一度采用聚丙烯酸酯表面涂层证明不能耐久, 两三年后由于紫外线的照射涂层便开始减薄, 很快就失去光亮和作用, 起不到保持自洁的作用。PVDF 性能好一些, 但 PVDF 与 PVC 粘结不易牢固, 已有多种工艺可以改善粘结性能。杜邦曾在这方面做过系统的研究, 认为用聚氟乙烯(PVF)效果要比 PVDF 更好一些; 德国的 Verseidag 公司亦证实了这一结论, 但 PVF 不能采取涂层, 而是应先做成薄膜, 然后再用粘合剂贴到 PVC 的表面。这样又存在一个贴合技术的问题, 如不能产生气泡等问题。

过去一些公司只采用外层表面采取顶面涂层, 现在很多公司都趋向内外层表面都要采取双面涂层。

• Gore 公司采用全氟聚合物的膜材有很多优点, 但还需进一步提高抗拉强力, 并经过更多的实际工程的考验。