

橡 胶 的 织 物 增 强

化学工业出版社

〔英〕

W·D·B·伍顿
C·韦克编

橡胶的织物增强

(英) W. C. 韦克 D. B. 伍顿 编
袁世珍 薛川华 赵振华 译
罗益锋 校

化学工业出版社

内 容 提 要

这是一本关于橡胶制品所用纤维增强材料的专著。本书介绍了棉纤维、人造丝、尼龙、聚酯以及近代出现的芳族聚酰胺等纤维材料的化学性质和物理性能。对橡胶制品所用纺织物的结构设计依据和制造原理作了论述。还介绍了各类纤维和橡胶的粘合技术、热定型设备、工艺技术以及评价粘合强度的试验方法。对粘弹性理论、粘合机理及界面相容性的计算也有简单介绍。书中还分别介绍了输送带、胶管、传动带、气垫船等制品所用纺织增强材料的技术特征和设计原理,对耐磨损、耐燃、耐油、耐臭氧等具有较高技术要求的产品设计、气垫船裙体材料的选择、纤维材料对某些产品功率损失的影响等也均有论述。

本书内容丰富、取材新颖、附有数据图表可供读者查阅参考。

W. C. WAKE D. B. WOOTTON

TEXTILE REINFORCEMENT OF ELASTOMERS

APPLIED SCIENCE PUBLISHERS LTD

1982 LONDON

橡胶的织物增强

袁世珍 薛川华 赵振华 译

罗益锋 校

责任编辑:宋向雁

封面设计:季玉芳

*

化学工业出版社出版

(北京和平里七区十六号楼)

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ 印张 $9^{1/8}$ 字数 200 千字 印数 1—1,770

1988年1月北京第1版 1988年1月北京第1次印刷

ISBN 7-5025-0041-3/TQ·3 定价 1.90 元

译 者 序

纤维织物作为骨架材料是橡胶制品的重要组成部分，它不仅提高橡胶制品的强度，承受多种作用力，而且限制产品的形变，使其具有良好的尺寸稳定性。骨架材料与橡胶粘合的牢固程度更直接影响橡胶制品的使用寿命。因此，掌握纤维材料的物理化学性能，适时选择新型骨架材料，并合理地进行结构设计是提高橡胶产品质量的重要途径。纤维材料又是骨架材料的重要内容，因此，纤维增强橡胶复合材料的力学性能、粘着理论、界面科学是掌握橡胶加工技术不可缺少的基础理论，这些方面的专著国内尚显不足。

英国 Wilamo. C. Wake 和 Davio. B. Wootton 所著《Textile Reinforcement of Elastomers》一书介绍了橡胶工业用纺织增强材料的发展及现状，比较详细地叙述了纤维织物的工艺技术、设计原理、织物的表面处理及其与橡胶的粘合力机理和评价方法。在纤维增强材料的应用方面重点介绍了除轮胎以外的胶管、胶带、充气舟等橡胶制品的结构设计、性能要求，以及耐磨损、耐燃、耐油、耐臭氧等具有较高技术要求的产品设计原理，书中除阐述通用的尼龙、聚酯等纤维材料的结构性能外，还介绍了近代研制成功的高强力、高模量、耐高温的 Kevlar 纤维以及最新开发的气垫船裙体的设计和应用技术。本书取材比较新颖，反映了近年来工业用纤维的研究成果，内容丰富、论述全面。本书无论对从事纤维材料的生产、科研人员或对从事橡胶加工工业的科研技术人

员、教学人员、生产技术人员均有参考价值。

译者将这本书介绍给我国读者,希望对大家有所帮助。由于时间仓促及译者水平所限,不妥之处在所难免,敬希读者指正。

本书第一章至第四章由袁世珍翻译,第五章至第七章由薛川华翻译,第八章、第九章由赵振华翻译。全书由罗益锋校正。汪岳新对全书进行文字润色。

北京橡胶工业研究设计院高叔衡同志对第二章进行了校改,特此致谢。

原 序

弹性复合结构材料在技术上的重要性毋需进一步强调，其制造方法及性能也不缺乏专门的论述。这些论述的出发点始终着眼于橡胶工业，而且认为理所当然地存在着一种适宜的纺织材料，并对其强力性能做了简单的叙述，而其工艺内容仅限于在橡胶工业范围内的加工方法。本书试图从纺织物出发进行探讨。工业用纤维织物远较衣着纺织材料厚实坚牢，但不象衣着材料那样进行大量生产，而需要用特殊方法加工以提供与橡胶赋予成品的性能相平衡的性能。

最重要的织物和橡胶的复合结构制品，当然是充气轮胎。然而，本书没有一章涉及轮胎，这似乎很奇怪。其理由十分简单，本书要象描述输送带、胶管那样详细地描述充气轮胎的结构和设计，将需要冗长的篇幅，实际上将需要另写一本与本书厚度相同的第二卷。本书从纺织材料出发，讨论了除轮胎以外各种不同的工业用增强橡胶结构材料，对工业织物的其他用途也进行了详细讨论，并且以本书所能利用的篇幅论述了涉及到的全部工艺。作者的意图是帮助橡胶工业的工艺师，深入理解用于制造橡胶制品所需要的重要原材料之一的纺织材料工艺技术的复杂性。

从棉纤维作为唯一可得的增强材料开始，发展到目前它仅处于次要地位，在增强材料发展的过程中各阶段始终存在着橡胶和长纤维之间的粘合力如何与日益提高的纤维强度相匹配的问题。最新的研制成果是芳族聚酰胺纤维，尽管这种

纤维无疑主要用于轮胎工业和航天工业以及军事方面，但在价格方面能与现有增强材料（例如细钢丝）相竞争，而且具有优良的工艺技术性能。但要做出已获得成功的结论，仍需进一步开发用这种纤维增强的复合材料制品。

虽然目前主要是在学术上对“超纺丝”进行了研究，并已能生产例如比普通熔融纺纱强度高1~2个数量级的聚烯烃纤维，但不能指望使用纯粹的有机材料来生产大幅度提高强度的纤维，而且事实上在大多数用途中是否需要这样的纤维尚有争议。更有希望的是要求这样的高性能纤维与耐高温特性结合起来，这一点无机和金属有机材料可能会加以开发。然而，迄今还没有一种弹性材料能制成可在高温下有效使用的橡胶制品。某些硅橡胶和氟橡胶在静态负荷下的性能虽然很好，但它们长期在高温下所能承受的拉伸负荷为其在室温下所能长期承受的拉伸负荷的一小部分，而且其动态性能与仅能在100~150℃中等温度下使用的橡胶也无法相比。

同样，进行种种努力开发更特殊的织造方法，以获得特定复合材料制品所需性能的时期已经过去，曾试用充纱罗织物制造柔软的载液体驳船（拖曳油囊），但未获得预期的效果。这是由于性能的提高未能补偿重量的增加。从理论上说，增加织物织纹的复杂程度可以提高机械粘合成分，在织物与橡胶的粘合方面这一点非常重要，但根据实验记录却根本没有提高。因此，看来在有效粘合体系的存在下，粘合的机械成分的变化所产生的影响极小。

尽管如此，可以预计今后几年，特别在输送带方面，在采用更复杂的单层和两层织物代替通常的多层结构方面，将会看到进展，主要是在胶带成型中降低劳动强度，从而提高生产效率。

随着这两个行业发展的相对稳定，看来技术上正接近平稳时期。也可以认为橡胶和纺织两个行业正进入联合时期，以适应不断变化的经济情况，并承受不断增加的健康、安全、环境污染和能源保护等方面的外来压力。

对弹性体自身微观形态的改性，可以代替普通纺织材料起到增强作用。诚然，在最近十二年来已经多次证实，无帘线的聚氨酯浇铸轮胎是可行的。但是，除了某些重型农业机械外，尚未用到正常速度下的乘用车或卡车上。用无织物增强聚酯也制出了传动带，但与切割式V带相比价格过高。这些发展很可能持续下去，对于某些制品将由所采用的加工方法定向的沉积微观相提供必要的增强作用，而对另一些制品则将采用粉末状的短纤维及橡胶——共混材料（例如纤维素 Santoweb[●]）来增强弹性体。然而，用这些方法获得的增强作用不大可能具有通常使用织物所能得到的绝对可靠的强度和取向，在使用条件较为苛刻的用途中尤为如此。

W. C. Wake

D. B. Wootton

● Santoweb为孟山都公司的注册商标。

作者名单

W. K. DONALDSON, 理科硕士, 哲学博士, 物理学
会会员, 塑料与橡胶学会会员, 纺织学会会员

C. W. EVANS, 塑料与橡胶学会会员

E. R. GARDNER, 理学士, 哲学博士, 加拿大皇家学
会会员, 塑料与橡胶学会会员

G. MURPHY, 塑料与橡胶学会硕士

W. C. WAKE, 哲学博士, 科学博士, 加拿大皇家学
会会员, 塑料与橡胶学会会员

D. B. WOOTTON, 硕士, 塑料与橡胶学会准会员

目 录

第一章 绪言和历史背景	1
1.1. 摘要	1
1.2. 引言	1
1.3. 纺织工业	2
1.4. 橡胶工业	4
1.5. 纺织物和橡胶复合材料	9
第二章 纺织纱线的生产和性质	15
2.1. 摘要	15
2.2. 引言	15
2.3. 纺织纤维的生产方法	16
2.3.1. 棉纤维	16
2.3.2. 人造丝	23
2.3.3. 尼龙	25
2.3.4. 聚酯	28
2.3.5. 芳族聚酰胺纤维	30
2.4. 纺织纤维的一般化学性质	33
2.4.1. 棉纤维	34
2.4.2. 人造丝	35
2.4.3. 尼龙	36
2.4.4. 聚酯	37
2.4.5. 芳族聚酰胺	38
2.5. 纺织纤维的一般物理性能	39
2.5.1. 棉纤维	40
2.5.2. 人造丝	40
2.5.3. 尼龙	42
2.5.4. 聚酯	43

2.5.5. 芳族聚酰胺	43
第三章 纺织材料结构的设计和制备	45
3.1. 摘要	45
3.2. 引言	45
3.3. 单纱增强材料的生产	46
3.4. 织物的制造	53
3.4.1. 机织工艺	53
3.4.2. 针织织物	58
3.4.3. 无纺布	60
3.5. 织物的设计	63
第四章 热定型和粘合剂浸渍	76
4.1. 摘要	76
4.2. 引言	76
4.3. 热定型设备	77
4.4. 热定型	83
4.5. 浸渍粘合剂	88
4.5.1. 棉纤维	88
4.5.2. 人造丝	90
4.5.3. 尼龙	92
4.5.4. 聚酯	93
4.5.5. 芳族聚酰胺	96
4.6. 直接粘合体系	97
4.7. 橡胶配合剂的影响	99
4.8. 粘合机理	102
4.9. 影响粘合的环境因素	106
第五章 剥离性能和粘合性的其他评价	111
5.1. 摘要	111
5.2. 剥离静态力学	112
5.3. 看作粘弹过程的剥离	117
5.4. 剥离强度的标准试验方法	120
5.5. 评价剥离试验结果的非标准方法	123
5.6. 厚重织物与多层结构的剥离试验	124
5.7. 薄涂层织物的剥离试验	126

5.8. 自重负荷剥离试验	129
5.9. 橡胶与织物粘合的直接拉伸试验	129
5.10. 橡胶与织物粘合的冲击试验方法	133
5.11. 帘线粘合抽出试验	133
5.12. 疲劳粘合试验	135
5.13. 粘合剂渗透到纺织物中的评价方法	137
第六章 输送带	140
6.1. 摘要	140
6.2. 引言	140
6.3. 带的设计	147
6.3.1. 普通输送带	148
6.3.2. 非通用型输送带	148
6.4. 带的结构	150
6.4.1. 覆盖层	150
6.4.2. 带芯	153
6.4.3. 隔离层	157
6.5. 织物组分对性能的影响	159
6.5.1. 成槽性能	159
6.5.2. 承载	159
6.5.3. 带的膨胀	160
6.5.4. 纵向屈挠	161
6.5.5. 竖向弧线	163
6.5.6. 传送距离	164
6.6. 带的选择	164
6.6.1. 拉伸强度规格的计算	165
6.6.2. 选择	167
6.7. 制造	167
6.7.1. 橡胶的贴合层带	168
6.7.2. PVC层带及多层交织带	175
6.8. 带的连接	177
6.8.1. 机械连接	177
6.8.2. 硫化接头	177
6.9. 试验和标准	181

6.9.1. 产品试验	181
6.9.2. 耐燃输送带	183
第七章 胶管	188
7.1. 摘要	188
7.2. 胶管设计工艺	189
7.2.1. 中性角的公式推导	189
7.2.2. 粘合	191
7.2.3. 爆破压力计算	197
7.3. 液压胶管	200
7.4. 手制胶管	207
第八章 船舶应用	210
8.1. 摘要	210
8.2. 引言	210
8.3. 裙部的种类	212
8.4. 裙部材料的损坏	217
8.5. 材料的选择	219
8.6. 粘合剂	223
8.7. 覆胶胶料	223
8.8. 横渡海峡旅客渡轮密封部件的损坏	224
8.9. 充气船舶	229
8.10. 充气船的类型	230
8.11. 基础织物	233
8.12. 覆胶材料	235
8.13. 拦油栅	237
第九章 动力传动带	239
9.1. 摘要	239
9.2. 历史背景	239
9.2.1. 平型传动带	239
9.2.2. V带	241
9.3. 动力传动带的制造	242
9.3.1. 传动带的胶料配方	242
9.3.2. 帘布层的贴合	244
9.3.3. 帘布层的切割、磨削、倒转	245

9.3.4. 传动带的硫化设备	246
9.3.5. 硫化后传动带中的粘合	249
9.4. 动力传动带的主要类型	249
9.4.1. V 带的类型	249
9.4.2. 成组V 带	253
9.4.3. 同步传动带	253
9.4.4. 无接头平型传动带	254
9.4.5. 切段V 带	254
9.4.6. 平型带	255
9.5. 纺织材料对皮带性能的影响	256
9.5.1. 传动过程中的张力分布—速度损失	256
9.5.2. 传动带张力过高—翻转	261
9.5.3. 张力试验机	262
9.5.4. 纤维纺织物对传动带形状的影响	263
9.5.5. 帘线层的变形	266
9.6. 传动带的温度及其损坏	266
9.7. 保护层织物	268
9.7.1. 使用的织物	268
9.7.2. 斜角方向	270
9.7.3. 抗静电保护层	270
9.8. 骨架用织物	271
9.8.1. 张力构件	271
9.8.2. 填充层	272
9.9. 多股帘线绳	272
9.9.1. 结构材料的选择	272
9.9.2. 对成型工艺的帘线供给	274
9.9.3. 帘线层的设计	275
9.10. V 带“规范化”	277

第一章 绪言和历史背景

D. B. WOOTTON

1.1. 摘 要

自橡胶问世以来, 它就与纺织材料结合在一起被使用。早在十六世纪, 拉丁美洲的印第安人就已将橡胶涂到纺织物上用来防水。自橡胶传入更先进的文明世界以来, 因利用了纺织材料和橡胶两者的综合性能, 已经开发了许多应用领域, 从而使得这类复合材料在当前工业化社会中的生产和生活各个方面起到越来越重要的作用。

早在十九世纪初期和中叶, 虽然橡胶已开辟了许多应用领域, 但由于缺乏对橡胶性能的深刻认识, 加上未掌握科学的加工方法, 其应用范围一直不够广泛。直到二十世纪橡胶的性能被重新认识之后, 橡胶应用范围才获得进一步的发展, 从而奠定了橡胶工业的基础。在此基础上一直发展到目前的状况, 即以橡胶为原材料设计和制造的产品可以满足在不同情况下和特殊环境中的各种需要。

1.2. 引 言

人们制造和使用纺织品已有数千年的历史。在这期间, 人们为了改进其性能以满足生产和生活多方面的需要, 不断探索某些能与纺织物相结合的其他材料, 虽然获得了一些成就, 但进展一直不大。直到最近两个世纪, 橡胶进入更先进

的文明世界之后，才发现了这种可以与纺织物相结合使用的理想材料。

在纺织物和橡胶一起使用的初期，曾出现过许多问题，且解决是缓慢的。后来发现了新加工方法并不断开辟新的应用领域，纺织物和橡胶相结合的产品品种亦稳步扩大。至今，这些产品在文明世界的人造制品中仍然占有特殊地位。事实上，若没有这些产品，很难设想现代化文明世界所遇到的许多问题会获得如此令人满意的解决，这只需观察诸如交通运输和原材料加工领域就可看到当代的纺织物——橡胶复合材料所起的重要作用。

1.3. 纺织工业

纺织工业起源于古代。众所周知，高质量的棉织物早在五千年前的印度就被生产出来了。在古代文明高度发达的埃及，早在二、三千年前就已有精制的亚麻布，其细度和质量甚至迄今还难以超过。古埃及的北方，气候比较寒冷，则用羊毛纺纱和织布。

公元一世纪，古罗马人为了给士兵提供暖和的英国羊毛毯，在Winchester工厂生产毛纺织物。至今那里的纺纱和织布仍然由个体户或小集体承担。

到十八世纪，许多小工场相继建立，但只有在工业革命期间，采用机器纺纱和织布后，才出现了较大的工厂。纺织工业的革命最初是在1733年由Kay发明的“飞梭”引起的。这项发明极大地提高了织布工人的生产效率，但纺纱的生产效率仍然很低，不能满足织布生产的需要。直至1764年Hargreaves发明“詹妮纺纱机”●(Spinning Jenny)及其尔

● 世界第一台8锭手动纺纱机——译者注。

后的发展和不断改进，矛盾才有所缓和。1770年间又出现了Crompton的走锭细纱机。而后，1785年，Cartwright发明的动力织机的出现，才极大地推进了织物的生产。

这样，就为建立生产能力较大的工厂并装配新型机器创造了条件。1787年在Doncaster出现了使用蒸汽发动机作为动力的第一个大型织布厂，但由于工厂厂主不久遇到了财政困难，在二、三年内便关闭了。1790年在Manchester的Knott Mill又开设了另一家纺织公司，但18个月后工厂被烧成平地，虽然政府对企业主进行了大量的救济，终究未能阻止企业的破产。1790年间又建立了另外的纺织工厂，主要是在Glasgow和Dumbarton地区建立了一些纺织工厂，但真正成功的要算1801年所开设的Glasgow工厂。

这些工厂为工业的发展树立了典范。全国各地纷纷建立起使用动力织布机和相关的动力纺纱机的纺织工厂。而真正得到发展的主要中心区是那些原材料能够得到稳定供应（如East Anglia的毛纺厂）和那些可提供动力的地方（例如南方的Yorkshire煤田周围用发动机驱动的工厂），或者是有小山能使河川快速流动并提供水力的地方。正是基于后者的原因才使Lancashire的棉纺工业得到发展，它利用河川作动力，并以Liverpool港口作为原棉的输入点。同样毛纺工业也迁移至Yorkshire，因为从产区运输羊毛至该地，比为获得工厂的动力而从Yorkshire用船运煤更便宜。

因此，纺织工业繁荣起来了。但至1860年美洲内战引起了棉花危机，给整个纺织工业带来非常严重的困难，特别在Lancashire更为甚之。在这种情况下，随着当时化学方面的迅速发展，开始了许多新的研究工作，试图找到制备人造纤维的方法。首先制造成功的是一种Chardonnet“人造丝”