

玄武岩纤维在产业用无纺布中的应用

陈兴芬¹ 胡显奇² 石钱华²

(1 东南大学-横店集团玄武岩纤维应用研发中心, 南京 210096; 2 浙江石金玄武岩纤维有限公司, 浙江东阳 322118)

摘要: 玄武岩纤维因其具有高强度、耐高温、耐化学腐蚀、性价比高等特点, 其应用研究越来越受到关注。随着产业用无纺布的应用范围日益广泛, 玄武岩纤维在产业用无纺布领域的应用研究也成为人们研究的热点, 本文简述玄武岩纤维在产业用无纺布的应用领域和研究进展, 表明产业用玄武岩纤维无纺布具有广阔的市场前景。

关键词: 玄武岩纤维 无纺布 针刺毡 表面毡 土工布

The Application Research of Basalt Fiber in Technical Non-woven Fabrics

Chen Xingfen¹ Hu Xianqi² Shi Qianhua²

(1 R&D Center for Basalt Fiber of Southeast University and Hengdian Group Corporation, Nanjing 210096;
2 Zhejiang GBF Basalt Fiber Co., Ltd, Dongyang 322118)

Abstract: The application of the basalt fiber has been received much more attention in many fields, due to its excellent mechanical, anti-high temperature and chemical properties, and high ratio of mechanical property / price. With the increasing application of technical non-woven fabrics, the application research of the basalt fiber in technical non-woven fabrics become a research hotspot. This paper reviews the application field and progress of application research of basalt fiber in technical non-woven fabrics and propose technical basalt fiber non-woven fabrics has a broad market prospect.

some advices to the application development of basalt fiber and BFRP.

Keywords: basalt fiber non-woven fabrics needled felt surfacing mat geotextile

1. 前言

连续玄武岩纤维是一种新型高技术纤维, 它是以玄武岩矿石为唯一原料在 1500℃左右的高温下熔融连续拉制而成的无机纤维。它在我国已有六、七年的工业化发展历史。因其具有高强度高模量、耐酸碱、耐高温、耐低温 (—269~+650℃), 防火阻燃、耐紫外线光照、不吸湿、电绝缘等多种优异的性能^[1] (见表 1), 被广泛应用于建筑、环保、消防、汽车船舶制造、交通基础设施、石油天然气、航空航天等多个国民经济工业领域。

作者简介: 陈兴芬, 女, 河北人, 资助项目: 国家 863 计划“玄武岩连续纤维及其复合材料”(代码: 2002AA334110), E-mail: menglicxf@126.com。

无纺布产业被认为是 21 世纪的朝阳产业，它在建筑、医疗、环保、服装、汽车、航空航天等行业应用广泛，是重要的产业用纺织品。近年来，随着世界无纺布需求量的快速增长，以及无纺布生产技术的发展，无纺布的主要特点集中在高新技术的渗透和新型材料使用上，高技术纤维不断应用于无纺布产业，促进了无纺布应用领域的扩大，这也为玄武岩纤维在无纺布领域的应用推广提供了创新的机遇。本文简述了几种玄武岩纤维无纺布制品在无纺布产业中的应用。

表 1 玄武岩纤维的主要技术指标

编号	性能指标	数值
1	热物理性能	
	使用温度 $^{\circ}\text{C}$	-269~650 $^{\circ}\text{C}$
	软化温度 $^{\circ}\text{C}$	1050 $^{\circ}\text{C}$
	导热系数 $\text{w/m}\cdot^{\circ}\text{K}$	0.03~0.038
2	物理性能	
	密度 (g/cm^3)	2.63~2.65
	弹性模量(GPa)	91~110
	拉伸强度 (MPa)	3000~4800
	热处理下拉伸强度%	
	20 $^{\circ}\text{C}$	100
	200 $^{\circ}\text{C}$	95
	400 $^{\circ}\text{C}$	82
3	化学稳定性 (在 3 小时沸腾条件下失重%):	
	2N HCl	2.2
	2N NaOH	6.0
	H ₂ O	0.2
4	电性能	
	比容量电阻 $\Omega\cdot\text{M}$	1×10^{12}
	介电损失正切角(在频率 1M Gs)	0.005
	电容率(在频率 1M Gs 条件下)	2.2
5	声学性能*	
	吸声系数	0.9~0.99

2. 玄武岩纤维在产业用无纺布的应用

(1) 过滤材料

无纺布过滤材料以玄武岩纤维针刺毡（见图 1）为主，这种材料具有独特的三维立体网状结构、孔隙均匀分布、过滤性能好、成本低种多等优点，主要用于炭黑、钢铁、有色金属、化工、焚烧等行业的高温烟尘过滤。目前，高温过滤领域所用的过滤材料的耐温性能一般在 250 $^{\circ}\text{C}$ 以下，由于炭黑、钢铁、有色金属、化工、焚烧等行业放出的烟气温度高、含酸或碱性等物质，高温过滤领域使用的 P84、PPS、芳纶等有机纤维已不能满足高温工况下过滤的实际需求，250~450 $^{\circ}\text{C}$ 的高温烟气除尘滤料为空白。玄武岩纤维因其具有良好的耐温性能

(-269~650℃) 作为滤料有可能填补 250~450℃的高温烟气除尘滤料的空白，同时，再加上它的耐酸耐碱和耐水性能，将是高温腐蚀性气体和烟层过滤，腐蚀性液体过滤的优质材料。但是，由于玄武岩纤维与碳纤维、玻璃纤维等无机纤维一样同属于脆性纤维，其用于过滤材料目前仍存在问题，例如纤维耐折性、抱合力较差，明显不如以延性纤维为特征的化学合成纤维。玄武岩纤维的这一弱点，有待于通过表面处理技术和与延性纤维混杂等创新等手段来改善之。



图 1 玄武岩纤维针刺毡

加拿大亚伯力 (Albarrie)，一家有 30 多年历史的环保工业用集尘滤料的专业公司将玄武岩纤维用作除尘袋的基布已经有 15 年左右的历史了，他们目前还在不断开发玄武岩纤维在高温烟气过滤领域的新产品。美国的Nebraska Power Sheldon Station对玄武岩纤维复合过滤袋进行了研究^[2]，各种材料在 190℃下工作 32 个月后的断裂强度损失率见表 2。结果表明，由高温合成纤维制得的过滤袋的强度在 190℃下工作 32 个月，强度降低了 20~30%，然而玄武岩复合织物的强度基本保持不变，这说明玄武岩纤维更耐高温性。

表 2 相对断裂强度测试结果

产品名称	2000.6 (psi)	2002.10 (psi)	强度增加/损失%
玄武岩/P84	900	913	0
P84/P84	547	410	-25
Ryton/ Ryton	532	360	-32
Ryton 无纺布	499	375	-25
Ryton/ Rastex	530	431	-19

目前，国内最大的玄武岩纤维生产厂家、位于浙江省东阳市横店的浙江石金玄武岩纤维有限公司与日本最大的一家做高温滤料的公司合作开发玄武岩纤维在高温烟气过滤领域的应用，这家公司原来用玻璃纤维做滤料，但由于玻璃纤维滤料的耐温性在 270℃以下，不能满足某些领域的要求。现在，他们用玄武岩纤维来代替玻璃纤维以满足 270℃以上的工矿要求，前期试验已得到日本公司的认可，目前在做应用技术开发，这个成果的产业化，会给全球的节能减排带来实实在在的效益。

(2) 保温隔热材料

玄武岩纤维本身不易燃烧、具有耐高温（最高温度 650℃）、导热系数低（0.03~0.038 w/m.° K）等特点，利用玄武岩纤维制作的针刺毡制品，将具有的保温、隔热的效果，可以将其用于管道各种发热器件的保温隔热，可以用于汽车、摩托车的消音除尘器。同时由于针刺毡具有吸音、隔热、减震、阻燃的作用，也可以用作汽车、火车、舰艇的车顶和车门的垫层、发动机车盖（粘附于内侧）、发动机车厢间的隔板、行李箱的衬垫等^[3]。

目前，德国的汽车生产厂家 DBW，把玄武岩纤维针刺毡用作汽车消音器，每年有 20 吨的用量，美国也在开发这方面的市场，随着技术的进步，玄武岩纤维针刺毡在汽车消音器上的用量会越来越多，这无疑具有巨大的市场前景。

（3）湿法薄毡

1) 表面毡

表面毡是以玄武岩短切纤维或玄武岩短切纤维与其他短切纤维为主要原料，用造纸工艺方法生产的薄毡（见图 3）。玄武岩纤维表面毡具有纤维分散均匀、加工性能好、表面平整、尺寸稳定、树脂浸渍速度快、铺覆性好、强度高、耐腐蚀等特点，它与树脂复合，能赋予制品光亮平整的表面，同时提高了制品的层间剪切强度、耐候性、耐水性及耐腐蚀能力，广泛应用于管道、建筑、卫浴、车船、环保等行业。目前，日本一家公司正在开发玄武纤维表面毡增强树脂来制作汽车的壳体，他们对玄武岩纤维表面毡的性能进行了测试，结果见表 3，表明玄武岩纤维表面毡的力学性能好于玻璃纤维表面毡，玄武岩纤维表面毡在汽车领域具有巨大的市场。



图 3 玄武岩纤维表面毡

表 3 玄武岩纤维与玻璃纤维表面毡的性能表

性能	指标		
	玄武岩纤维		玻璃纤维
面密度 (g/m ²)	40	100	45
单丝直径 (μm)	11	11	13
厚度 (mm)	0.33	0.76	0.325

拉伸强度 (N) (kgf)	纵向	49.3 (5.0)	67.3 (6.9)	(3.2)
	横向	39.7 (4.1)	21.1 (2.2)	(1.3)
伸长率 (%)	纵向	1	1	-
	横向	1	1	-
撕裂强度 (N) (kgf)	纵向	2.0 (0.2)	4.6 (0.5)	-
	横向	1.2 (0.1)	3.0 (0.3)	

2) 增强热塑性复合材料

美国Azdel公司^[4]通过湿法造纸工艺生产一种新型玻璃纤维增强泡沫聚丙烯热塑性复合材料SuperliteAzdel片材，该材料是一种薄片片材，它与传统的玻璃纤维增强聚丙烯相比，具有更薄更轻的特点，单位面积质量大约是普通复合材料的1/10。该工艺用泡沫代替传统淤浆中的水，从而使玻璃纤维分散更均匀，成品片材更疏松多孔。该材料可用于汽车车顶衬里、车身地板、后壁板、尾厢地板、挡泥板、农机具、娱乐设施和医疗器械等。Azdel公司通过调整工艺参数，控制成品相对密度，能够生产出适应不同用途的SuperliteAzdel片材。目前，Azdel公司正在用此工艺，开发玄武岩纤维增强聚丙烯热塑性复合材料（见图4），该复合材料将用于汽车、重型卡车、施工和农机车辆，工业车辆的领域。



图4 玄武岩纤维增强聚丙烯热塑性复合材料薄毡及样品

(4) 玄武岩纤维土工布

非织造玄武岩纤维土工布是以玄武岩短纤维为主要原料，经开松、梳理、杂乱、铺网、针刺等工艺生产而成。玄武岩纤维土工布具有优越的透水性、耐用性、抗老化、高强度、高延伸率、高过滤性等特点，同时具有抗拉强度、撕裂强度、顶破强度高的力学性能，主要用于路基的加强、隔离、反滤及排水，广泛用于运动场馆、堤坝、水工建筑、隧洞、沿海滩涂、围垦、垃圾处理场、高速公路及铁路等工程领域。

将玄武岩纤维与有机纤维混杂开发土工布也是一个重要的发展方向。近两年来，东南大学交通学院与浙江石金玄武岩纤维有限公司合作开发了“GBF 玄武岩纤维聚酯防裂土工

布”。该土工布是玄武岩纤维和聚酯纤维的混合物，主要特点是组合了玄武岩纤维高强度、耐久性好和聚酯纤维柔韧性佳的优点。由玄武岩纤维和聚酯纤维混杂的土工布吸油性好，在快速吸收沥青材料后，形成一个优质结构层，具有防水、耐热、耐化学腐蚀的优异性能，还具有膨胀系数低，耐高温和耐超低温性能，克服了纯聚酯纤维土工布有长期蠕变性的弱点。此外，该土工布还具有“可提高改性沥青混凝土的施工温度、防渗透性好、防止和延缓放射裂缝发生、可回收、老的路面粉碎后可再生利用”等特点。混杂土工布在较高温度下施工与沥青组成复合层后，能大大提高沥青路面的抗高温、抗低温、抗裂性能、抗疲劳性能和抗紫外线性能，达到延长沥青路面使用寿命的目的。

GBF 玄武岩纤维聚酯防裂土工布土工布可应用于：1) 旧沥青公路维修；2) 沥青路面裂缝和半刚性路基层裂缝的修补；3) 新建工程和道路拓宽沥青路面。其性能指标见如下表：

表 4 GBF 玄武岩纤维聚酯防裂土工布的理化指标

名称		单位	指标
面密度		g/m ²	120-150
厚度		mm	0.65-1.0
耐温性		℃	≥230
断裂强度	纵向	N/5cm	≥360
	横向	KN/m	≥6
断裂伸长率	纵向	%	≤4
	横向		

玄武岩纤维具有工作温度范围大（-269~650℃），与沥青高温拌合时，不受沥青高温拌合影响；高的拉伸强度和模量，可有效提高沥青混合料的增强增韧作用；化学稳定性好，抗老化性能好等优点，玄武岩纤维土工布可以作为应力吸收层、保温层及防水层，专用于沥青路面，如新建道路、旧路面的改造等，可有效防治沥青路面反射裂缝，延长道路使用寿命。玄武岩纤维土工布具有吸湿率低、透水性好、防淤堵的性能，它可以作为反滤材料，用于堤、坝、河及海岸石块、土坡、挡土墙的滤层，防止砂土粒通过，而允许水或空气自由通过。玄武岩纤维土工布的空隙小，可以防止相邻的异质土壤或填充料的相互混合，主要用于道路、堤坝、垃圾填埋场不同层结构材料的分隔，等等。因此，土工布用于建筑道路、公路、高速公路、水利工程、码头工程、地面改造等领域，不仅能够提高工程质量，而且能够延长使用寿命，具有巨大的经济效益。

3. 小结

玄武岩纤维作为一种新型纤维材料，具有优良的性价比，在我国结构加固修复、增强沥青和水泥混凝土路面，得到了广泛的应用。由于玄武岩纤维产业化发展的历程还不到6年，许多应用领域正在不断开拓。玄武岩纤维为无纺布领域无疑提供了一种新材料和产品升级换代创新机遇，也蕴含着很大的商机，它还需要更多的企业、科研院所和有识之士进行深入的应用研究和推广。

参考文献

1. 胡显奇. 解读“火山岩变丝”之玄武岩纤维. CAT 中国纺织及成衣. 2007.12.
2. Olexandr Medvedyev and Yuriy Tsybulya. Basalt use in hot gas filtration. Filtration & Separation. 2005.2, 34-37.
3. 张耀明、李巨白、姜肇中. 玻璃纤维与矿物棉. 北京：化学工业出版社，2001
4. 姜振华. 先进聚合物基复合材料技术. 北京：科学出版社，2007.