

盐冻融蚀环境玄武岩纤维混凝土 BFC阻裂与抗冲击性能

芮勇勤 肖 让 杨保存 牛新平 王 荣 亢永生 编著



東北大學出版社
Northeastern University Press

国家自然科学基金地区科学基金项目 (51168042)
塔里市大学校长基金重点培育项目 (TDZKPY201401)
国家重大核电建设项目 (红沿河核电站取水导流工程)
国家自然科学基金重点科学基金项目 (51034005)
新疆生产建设兵团科技支疆项目 (2012AB009, 2012BA005)

盐冻融蚀环境玄武岩纤维混凝土 BFC 阻裂与抗冲击性能

芮勇勤 肖 让 杨保存 牛新平 王 荣 亢永生 编著

东北大学出版社

• 沈 阳 •

© 芮勇勤 肖 让 杨保存 牛新平 王 荣 亢永生 2015

图书在版编目 (CIP) 数据

盐冻融蚀环境玄武岩纤维混凝土 BFC 阻裂与抗冲击性能 / 芮勇勤等编著. — 沈阳: 东北大学出版社, 2015. 11

ISBN 978-7-5517-1142-5

I. ①盐… II. ①芮… III. ①玄武岩—纤维增强混凝土—防裂—性能分析 ②玄武岩—纤维增强混凝土—抗冲击—性能分析 IV. ①TU528.572

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 269152 号

内容提要

本书在大量试验和数值模拟分析的基础上, 对 BF 混凝土的力学性能和混杂纤维混凝土梁结构做了深入研究。主要研究包括: 玄武岩纤维 BF 及其制品, 生产简介与产品标准, BFC 梁韧性力学性能试验, 干湿循环盐冻融蚀 BFC 梁力学试验, 干湿循环盐冻融蚀 BFC 细观 SEM 增强机理, 冻融环境 BFC 梁力学试验, PC 与 SGC 和 BFC 梁 Crack 弯折数值分析; 抗冲击试验机发展演化, 摆锤式抗剪冲击试验机, 抗冲击能量特征值与测定, BFC 梁抗剪冲击试验与测试, 玄武岩纤维 BF 实体工程应用。鉴于玄武岩纤维在我国西部地区土木工程中的应用研究处于起步阶段, 且其力学性能有别于现有的一些使用纤维, 所以, 要在我国西部工程中进行广泛应用, 还需进行深入研究; 同时开展的研究可供相关领域工程技术人员教学、研究学习参考。

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph@neupress.com Web: <http://www.neupress.com>

印 刷 者: 沈阳市第二市政建设工程公司印刷厂

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm × 260mm

印 张: 13.5

字 数: 334 千字

出版时间: 2015 年 11 月第 1 版

印刷时间: 2015 年 11 月第 1 次印刷

责任编辑: 刘 莹

责任校对: 铁 力

封面设计: 刘江暘

责任出版: 唐敏志

ISBN 978-7-5517-1142-5

定 价: 45.00 元

前 言

近年来,国家发展和改革委员会将玄武岩纤维与碳纤维、芳纶、超高分子量聚乙烯纤维一起列为我国鼓励发展的四大高技术纤维,并于2002年8月将“玄武岩纤维及其复合材料”项目列入国家“863”计划和国家级火炬计划、国家科技型中小企业创新基金。玄武岩纤维(BF, Basalt Fiber)是一种新的混凝土增强材料,由天然玄武岩矿石经1450~1500℃熔融后,通过铂钨合金漏板拉丝而成,具有天然的相容性和优越的力学性能。它是一种纯天然的无机非金属材料,被誉为21世纪无污染的“万能”纤维。玄武岩纤维混凝土(BFC, Basalt Fiber Concrete)是将玄武岩纤维用水泥净浆包裹,与混凝土搅拌而制成,具有良好的力学性能。

玄武岩纤维混凝土是在混凝土中均匀地分布一定量的玄武岩纤维使其硬化后得到的混凝土。它不仅保持混凝土自身的优点,更重要的是玄武岩纤维的掺入,对混凝土基体起到了阻裂和增强的作用,改变了混凝土的脆性易裂的破坏形态,延长了构件的使用寿命。玄武岩纤维与其他高技术纤维相比,有着显著不同的特征。由于玄武岩纤维在我国西部地区土木工程中的应用研究处于刚起步的阶段,且其力学性能有别于现有的一些使用纤维,所以,要在我国西部工程中进行广泛应用,还需进行深入研究。本书作者在大量试验和数值模拟分析的基础上,对BF混凝土的力学性能和混杂纤维混凝土梁结构做了深入研究。同时,主要借鉴了如下主要研究成果。

- (1) 李坤论文《BF混凝土大中梁结构力学实验与破坏机理模拟分析》;
- (2) 陈佳佳论文《干湿循环腐蚀BF混凝土试样力学特性实验与损伤机理分析》;
- (3) 黄河论文《冻融环境BFRC小梁与加载板力学特性实验及数值模拟分析》;
- (4) 赵龙山论文《BF混凝土抗压、抗冲击和双剪力学性能实验与破坏机理分析》;
- (5) 秦华平论文《BF与WRA混凝土管柱桩力学实验与数值模拟分析》。

本书在国家基金项目等的资助下,主要依托“玄武岩纤维细石混凝土阻裂抗渗与抗冲击性能研究”,初步取得了基础部分研究成果(应用部分见另一姊妹篇)其主要研究内容如下。

- (1) 玄武岩纤维BF及其制品;
- (2) 生产简介与产品标准;
- (3) BFC梁韧性力学性能试验;
- (4) 干湿循环盐冻融蚀BFC梁力学试验;
- (5) 干湿循环盐冻融蚀BFC细观SEM增强机理;
- (6) 冻融环境BFC梁力学试验;
- (7) PC与SGC和BFC梁Crack弯折数值分析;
- (8) 抗冲击试验机发展演化;
- (9) 摆锤式抗剪冲击试验机;
- (10) 抗冲击能量特征值与测定;

(11) BFC 梁抗剪冲击试验与测试;

(12) 玄武岩纤维 BF 实体工程应用。

本书作者特别感谢国家自然科学基金地区科学基金项目(51168042)、塔里木大学校长基金重点培育项目(TDZKPY201401)、国家重大核电建设项目(红沿河核电站取水导流工程)、国家自然科学基金重点科学基金项目(51034005)、新疆生产建设兵团科技援疆项目(2012AB009、2012BA005)等的资助。

在本书的编写过程中,借鉴了一些相关的技术设计、现场管理和软件应用,受益匪浅,在此对相关人士深表感谢!

特别感谢东北大学资源与土木学院、塔里木大学水利与建筑工程学院、长沙理工大学交通运输工程学院和公路地质灾害研究所、湖南科技学院给予的支持和帮助。

同时,对周基博士、邓国瑞博士、袁臻博士、刘锋博士、朱蛟硕士、刘威硕士、李超硕士、李英娜硕士、陈明苹硕士、刘一虎硕士、王建硕士、AL JARMOUZI A A A ABDULLAH 硕士、MURTADA AWAD IPRAHIM ABDALLHA 硕士等在本书编写过程中所给予的帮助,在此一并表示感谢!

最后,希望《盐冻融蚀环境玄武岩纤维混凝土 BFC 阻裂与抗冲击性能》一书能为广大读者带来启迪和帮助。

由于编著者水平有限,加之时间仓促,书中难免存在疏漏和错误之处,恳请读者不吝赐教与指导。

编著者于望湖苑

2015 年 10 月 18 日

目 录

第 1 章 玄武岩纤维 BF 及其制品	1
1.1 玄武岩纤维 BF 概述	1
1.2 玄武岩矿石的化学成分	1
1.3 玄武岩纤维 BF 的主要性能	2
1.4 玄武岩纤维 BF 的应用领域	3
第 2 章 生产简介与产品标准	5
2.1 生产简介	5
2.2 主要产品	5
2.3 玄武岩纤维无捻粗纱企业产品标准	6
2.4 沥青路面用玄武岩纤维企业产品标准	10
2.5 玄武岩纤维土工格栅企业产品标准	13
2.6 水泥混凝土和砂浆用短切玄武岩纤维企业产品标准	16
2.7 玄武岩纤维复合筋企业产品标准	22
第 3 章 BFC 梁韧性力学性能试验	25
3.1 BFC 梁抗折、抗压强度试验方法	25
3.2 BFC 梁弯折强度试验	27
3.3 BFC 梁弯曲韧性	28
3.4 低掺量 BFC 梁抗折试验	30
3.5 中高掺量 BFC 梁抗折试验	30
3.6 BFC 梁抗折韧性指数	31
3.7 混凝土抗压和抗折试验 AE 声发射特性探讨	32
第 4 章 干湿循环盐冻融蚀 BFC 梁力学试验	35
4.1 腐蚀性盐蚀现象	35
4.2 腐蚀性盐蚀研究现状	35
4.3 混凝土抗折和抗压与干湿循环腐蚀强度试验方法	39
4.4 干湿循环侵蚀 BFC 方形中试块抗压强度试验	44
4.5 冻融环境 BFC 方形试块抗裂、抗压与回弹试验	51
4.6 干湿循环腐蚀 BFC 梁试验	54
4.7 Corrosion 混凝土梁 Crack 裂缝弯折数值模拟	71
4.8 Corrosion 和 BFC 梁 Crack 裂缝弯折数值模拟	75
第 5 章 干湿循环盐冻融蚀 BFC 细观 SEM 增强机理	79
5.1 体视显微镜及其结构特点	79
5.2 BFC 制备技术	81
5.3 BFC 混合料细观 SEM 影像	82
5.4 BFC 干湿循环腐蚀细观 SEM 影像	85
5.5 BFC 冻融劈裂面细观 SEM 影像	105
5.6 BFC 细观结构增强机理	107

第 6 章 冻融环境 BFC 梁力学试验	109
6.1 冻融环境 BFC 梁抗折、抗压强度试验方法	109
6.2 冻融环境 BF 混凝土抗折、抗压强度试验	109
6.3 混凝土冻融破坏机理分析	116
6.4 PC 和 BFC 梁弯折数值模拟	117
第 7 章 PC 与 SGC 和 BFC 梁 Crack 弯折数值分析	121
7.1 PC 混凝土 C20 中梁弯折数值模拟分析	121
7.2 SGC 梁弯折数值模拟	123
7.3 BFC 梁 Crack 裂缝弯折数值模拟	126
第 8 章 抗冲击试验机发展演化	131
8.1 现有冲击试验方法	131
8.2 ACI544 委员会推荐落锤式冲击试验方法	135
8.3 新型落锤试验装置	135
8.4 摆锤式抗剪冲击试验机装置构想	137
第 9 章 摆锤式抗剪冲击试验机	139
9.1 试制方法	139
9.2 实体仿真设计方法	141
9.3 优化设计方法	142
9.4 抗冲击强度试验方法	144
9.5 摆锤式抗剪冲击试验机设计	144
第 10 章 抗冲击能量特征值与测定	147
10.1 抗冲击能量特征值	147
10.2 抗冲击试验方法特点	149
10.3 纤维混凝土落锤式抗冲击试验	152
第 11 章 BFC 梁抗剪冲击试验与测试	159
11.1 研究思路	159
11.2 墩柱基础含盐量类型测定	160
11.3 墩柱表面腐蚀检测	160
11.4 盐冻融蚀混凝土 BFC 常规力学试验	166
11.5 盐冻融蚀混凝土 BFC 抗剪冲击试验	173
11.6 盐冻融蚀环境 BFC 抗冲击高速影像	177
11.7 抗剪冲击数值模拟分析	180
11.8 压剪和抗剪冲击对比分析	185
第 12 章 玄武岩纤维 BF 实体工程应用	189
12.1 玄武岩纤维 BF 在沥青混凝土中的应用	189
12.2 玄武岩纤维 BF 复合筋在道路工程中的应用	193
12.3 玄武岩纤维 BF 在水泥混凝土中的应用	199
12.4 玄武岩纤维 BF 单向布及土工格栅	202
主要参考文献	207

第 1 章 玄武岩纤维 BF 及其制品

1.1 玄武岩纤维 BF 概述

玄武岩连续纤维被誉为“21 世纪的新材料”，是以玄武岩矿石为原料，将矿石破碎后加入熔炉中，经 1450~1500℃熔融后，将均匀的熔融物通过拉丝漏板先拉成粗纤维，再由拉丝机将粗纤维拉制成各种规格的连续纤维，并根据后续用途，采用不同的浸润剂进行浸润处理，加工形成最终产品，如图 1.1 所示。

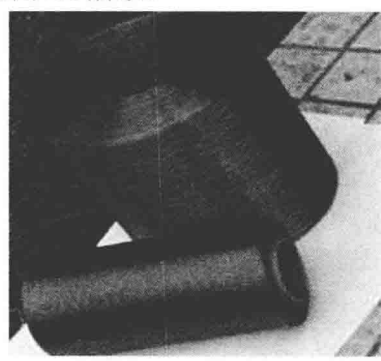


图 1.1 玄武岩纤维生产过程

玄武岩纤维是当今具有代表性的可用于道路工程中的新材料。将其掺入水泥混凝土和沥青混合料中，具有较强的阻裂抗裂、增强增韧作用。

与玻璃纤维、碳纤维、芳纶等其他高性能纤维相比，玄武岩纤维不仅力学性能佳，而且具有很多优异的功能，如耐温性能好，可在-260~700℃范围内连续工作；耐酸耐碱，抗紫外线性能强，吸湿性低，有更好的耐环境性能；绝缘性能好，高温过滤性佳，抗辐射等。因此，玄武岩纤维是碳纤维的低价替代品，是继碳纤维、芳纶、超高分子量聚乙烯纤维之后的第四大高技术纤维。玄武岩纤维被列为“十二五”鼓励类发展行业，以非传统矿产资源替代传统矿产资源，是资源节约型、环境友好型、性能综合型的无机非金属纤维。

1.2 玄武岩矿石的化学成分

玄武岩为天然火山熔融岩，经高温喷发而成，其主要成分为 SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, K₂O, TiO₂ 等多种氧化物。

连续玄武岩纤维的化学成分见表 1.1 所列。

表 1.1 连续玄武岩纤维化学成分

化学成分	质量/%
SiO ₂	52~58
Al ₂ O ₃	14~19
CaO	5~9
MgO	3~6
K ₂ O+Na ₂ O	3~6
TiO ₂	0.5~2.5
Fe ₂ O ₃ + FeO	9~14
其他	0.09~0.13

注：不同化学成分制成纤维后，有不同的强度和物化性能。

1.3 玄武岩纤维 BF 的主要性能

玄武岩纤维在强度、耐高低温（可在 $-260\sim 700^{\circ}\text{C}$ 范围内连续工作）、耐腐蚀、隔热、隔音、阻燃及化学、电绝缘等方面有着优异的性能。总体说来，玄武岩纤维具有以下几大特性。

1.3.1 优异的力学性能

玄武岩纤维的抗拉强度为 $3000\sim 4900\text{MPa}$ ，比大丝束碳纤维、芳纶、PBI 纤维、钢纤维、硼纤维、氧化铝纤维都要高，与 S 玻璃纤维相当。而断裂伸长率则大于碳纤维，成品的耐冲击性能要好于碳纤维，见表 1.2 所列。

表 1.2 各种纤维材料的力学性能对比

性能	玄武岩纤维	聚丙烯纤维	S 玻璃纤维	芳纶	碳纤维
抗拉强度/MPa	3800~4900	410~800	4020~4650	2900~3400	2500~6000
弹性模量/GPa	95~110	4.2~6.0	88~91	70~140	230~600
断裂伸长率/%	2.5~3.5	4.7	4.5~5.5	2.8~3.6	1.5~2.0

1.3.2 突出的化学稳定性

玄武岩纤维耐酸碱和水的腐蚀。玄武岩纤维含有 TiO_2 等成分，对提高纤维耐化学腐蚀及防水性能起到重要的作用。玄武岩纤维在饱和 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 溶液以及在水泥等碱性介质中耐久性好，能保持高度的稳定性，见表 1.3 所列。

表 1.3 玄武岩纤维与 E 玻璃纤维的化学稳定性对比

介质种类	在各种介质中煮沸 3h 后的质量损失/%	
	玄武岩纤维	E 玻璃纤维
H_2O （水）	1.6	6.2
2N NaOH（碱）	2.8	6.0
2N HCl（酸）	2.2	38.9

1.3.3 突出的物理性能

玄武岩纤维耐温性能好，使用温度范围为 $-260\sim 700^{\circ}\text{C}$ （软化点为 960°C ），而玻璃纤维为 $-60\sim 450^{\circ}\text{C}$ 。

玄武岩纤维在 400°C 下工作时，其断裂强度能够保持 85%。而碳纤维氧化性差， 300°C 即有气体产生；芳纶最高使用温度也只有 250°C 。玄武岩纤维具有良好的介电性能，其体积电阻率比 E 玻璃纤维高一个数量级，见表 1.4 所列。

表 1.4 各种纤维材料的物理性能对比

性能	玄武岩纤维	E 玻璃纤维	芳纶	碳纤维
密度/ (g/cm^3)	2.6~2.8	2.54	1.45	1.78
使用温度/ $^{\circ}\text{C}$	$-260\sim 700$	$-60\sim 450$	最高 250	最高 2000
热传导系数/ $(\text{W}/\text{m}\cdot\text{K})$	0.031~0.038	0.034~0.040	0.04~0.13	5~185
比体积电阻/ $(\Omega\cdot\text{m})$	1×10^{12}	1×10^{11}	3×10^{13}	2×10^5
吸音系数/%	0.9~0.99	0.8~0.93	—	—

1.3.4 与硅酸盐的天然相容性

玄武岩纤维是由天然火山岩直接拉制而成，自身密度、成分、容重均与水泥相当，且具有天然的耐碱性，与水泥、混凝土混合时，分散性好，结合力强，热胀冷缩系数一致。

玄武岩纤维是典型的硅酸盐纤维，用它与水泥混凝土和砂浆混合时，很容易分散，掺拌玄武岩纤维混凝土的体积稳定、和易性好、耐久性好，具有优越的加筋增韧、防渗抗裂性和抗冲击的作用。

1.4 玄武岩纤维 BF 的应用领域

玄武岩纤维及其制品可广泛应用于建筑增强领域、交通建设领域、土木工程、海事工程、防火消防领域、过滤环保领域、绝缘电子领域、石油化工领域、体育用品领域、汽车船舶等。以玄武岩纤维为增强体可制成各种性能优异的复合材料，在航空航天、火箭、导弹、战斗机、核潜艇等军舰、坦克等武器装备的国防军工领域有广泛的应用。它可以促进军队武器装备的升级换代，增强军队的战斗力；可在某些领域替代碳纤维，降低相关武器装备的制造成本；可形成新的军民两用技术。

(1) 利用玄武岩纤维的耐温特性，用于高温过滤材料（如除尘袋、汽车消音器滤芯）、避火消防服阻燃隔热面料、防火卷帘、过冷防护服、防弹服、热防护服、军用帐篷、坦克发动机绝热隔音罩、核潜艇等军舰内装饰、火箭燃烧喉管等，用于军工武器装备领域优选的新材料。

(2) 利用玄武岩纤维的低容重、低热导率、低吸湿率和对腐蚀介质的化学稳定性，能够降低结构重量，形成新型结构材料。

(2) 利用上述这些特性，在军品和民品领域有广泛的应用。增强树脂基复合材料是制造坦克装甲车辆的车身材料，可减轻其重量；也可用于制造火炮材料。在船舶工业中可大量用于船壳体、机舱绝热隔音和上层建筑。用它的蜂窝板可制成火车车厢板，既减轻了车厢的重量，又是一种良好的阻燃材料。用它缠绕环氧树脂的管材，可用于输送石油、天然气、冷热水、化学腐蚀液体、散料、电缆管道、低压和高压钢瓶等。

目前，以玄武岩纤维为原料，先后研发了多种玄武岩纤维制品，并已经初步形成了道路桥梁土建业、产业用纺织品和复合材料三大系列，多个玄武岩纤维制品品种产品体系如图 1.2 至图 1.4 所示。

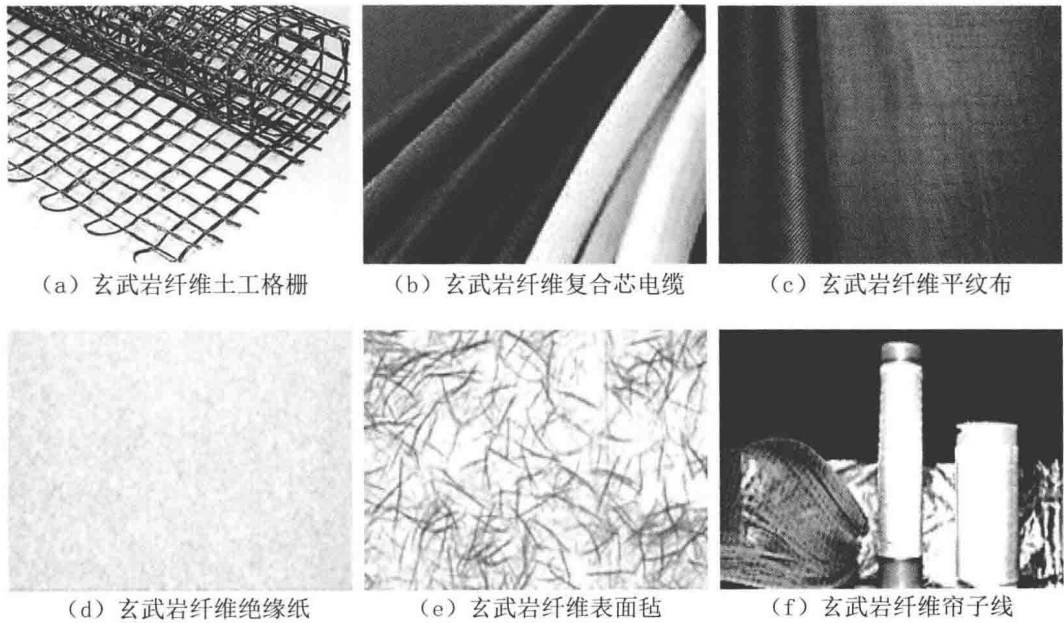


图 1.2 用于道路桥梁土建业增强加固的玄武岩纤维制品

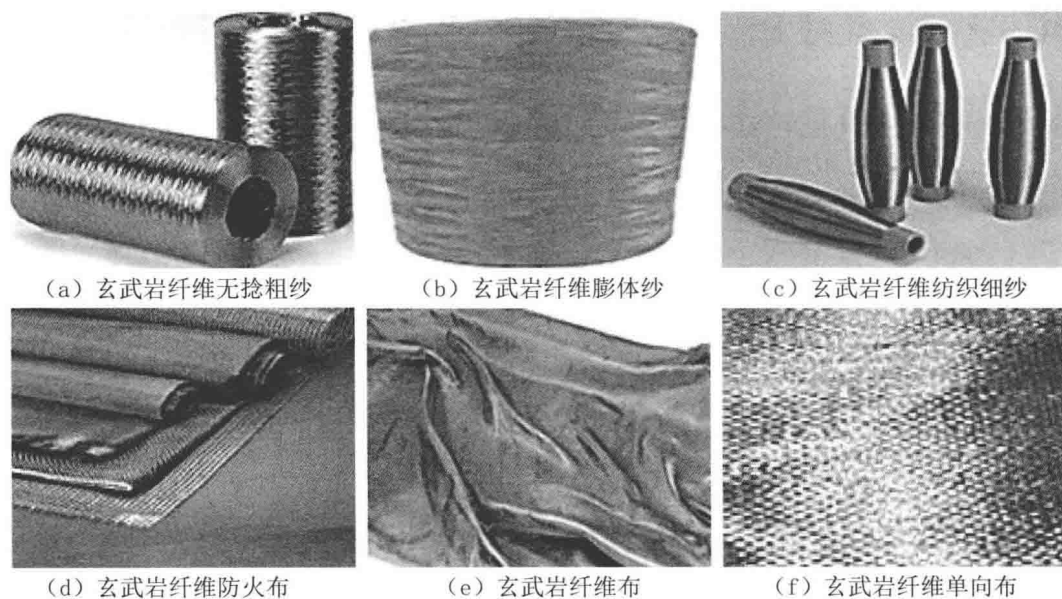


图 1.3 通过纺织品产业制作的玄武岩纤维制品

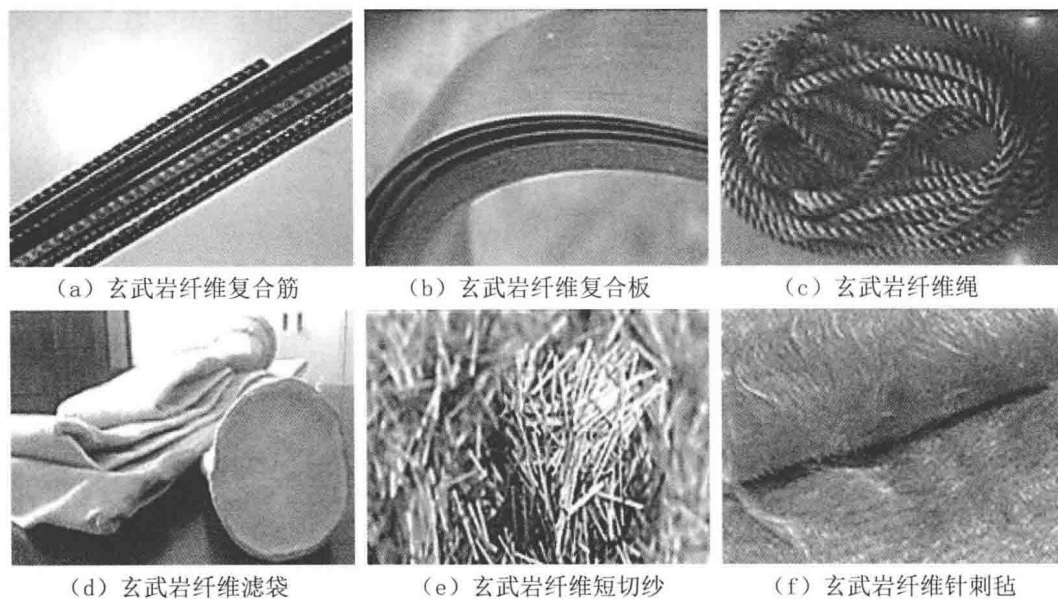


图 1.4 玄武岩纤维制品复合材料

第2章 生产简介与产品标准

2.1 生产简介

新疆拓新玄武岩纤维制品有限责任公司是由新疆生产建设兵团第一师二团与四川航天拓鑫玄武岩实业有限公司共同出资组建的，成立于2011年6月。新疆拓新玄武岩纤维制品有限责任公司位于美丽的塔河绿洲阿拉尔市二号工业园区，是目前新疆唯一一家专业从事玄武岩纤维制品研发、生产及销售的企业，设计年生产能力1万吨玄武岩纤维及其制品，公司总投资近3亿元人民币。

新疆生产建设兵团第一师二团始建于1956年2月，本着兵团人“特别能吃苦、特别能战斗、特别能奉献”的优良作风，经过三代军垦人艰苦卓绝的努力，在茫茫戈壁上开拓出了绿洲明珠、戈壁花园。二团场现已成为全国重要的优质长绒棉生产基地和粮食生产基地。为进一步增强团场的可持续发展能力，二团加快了推进“三化”进程的步伐，坚持“依托农业办工业，围绕资源上项目”的理念，着力构筑农副产品加工、矿产开发等工业体系，新型工业化的发展取得了较大突破。四川航天拓鑫玄武岩实业有限公司是以研发、生产和销售高性能玄武岩纤维与纤维制品为主业的高新技术企业，并依托北京航空航天大学 and 哈尔滨工业大学、浙江大学、塔里木大学等多所科研院校强大的技术实力，在产品开发的优化领域处于国内领先水平，率先通过了ISO 9001:2008质量体系认证，并通过了CTS第三方公正检验产品认证，是中国航天科技集团工程纤维材料研制基地之一。新疆拓新玄武岩纤维制品有限责任公司实行国际公认的大规模产业化生产方式——“燃气-电结合方式”生产工艺技术，现在已经掌握了400孔漏板稳定拉丝技术。新疆拓新玄武岩纤维制品有限责任公司是新疆生产建设兵团第一师阿拉尔市2012年重点建设企业，2012年新疆维吾尔自治区战略性新兴产业专项资金重点项目企业和2012年兵团产业振兴和技术改造重点项目企业，2012年共申请国家、自助区和兵团支持资金5000多万元。

2.2 主要产品

目前，新疆拓新玄武岩纤维制品有限责任公司年生产能力达3000吨，在纤维及其产品的理论和应用研究上依托哈尔滨工业大学、航天集团公司、塔里木大学所属研究院以及公司、自身的技术团队，联合国内顶级的大专院校、专业科研机构，现已研发并生产出包括玄武岩无捻粗纱、加捻纱、短切纱、复合筋、单向布、土工格栅、高温滤料、针刺毡以及各种类型的布、复合型材、复合管及阻燃保温材料在内的涉及土建交通领域、航空航天领域、汽车船舶领域、武器装备领域、石油化工领域及节能环保领域的玄武岩纤维产品，如图2.1所示。玄武岩纤维在交通领域的制品已在国内高速公路建设及市政道路建设中得到广泛的应用，并取得良好的效果。新疆拓新玄武岩纤维制品有限责任公司目前建有4条玄武岩纤维生产线，年生产能力达3000吨，计划到2015年，公司将建成年产2万吨的原丝生产规模，并形成道路桥梁土建、产业用纺织品、高端复合材料和外墙保温材料四大系列、

多个品种的产品体系, 实现玄武岩纤维在各领域中的成熟应用和成为世界一流的玄武岩纤维、纤维制品及成套技术装备的制造商与供应商。

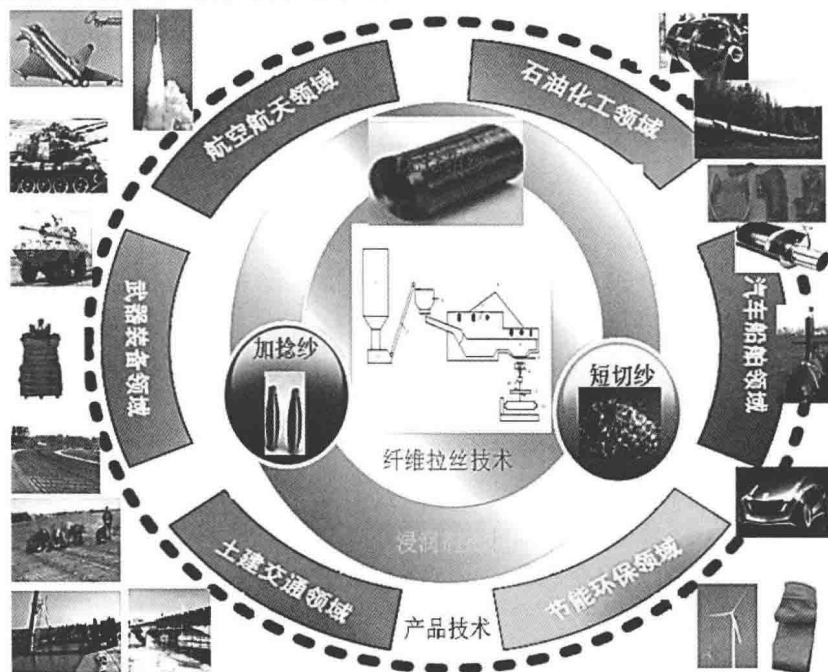


图 2.1 玄武岩纤维产品

2.3 玄武岩纤维无捻粗纱企业产品标准

1 范围

本标准规定了玄武岩纤维无捻粗纱的术语和定义、分类和标记、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

本标准适用于玄武岩纤维直接无捻粗纱或经合股而成的玄武岩纤维无捻粗纱。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款, 通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件, 其随后所有的修改单 (不包括勘误的内容) 或修订版均不适用于本标准, 然而, 鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件, 其最新版本适用于本标准。

GB/T 191	包装储运图示标志
GB/T 1549	纤维玻璃化学分析方法
GB/T 4202	玻璃纤维产品代号
GB/T 18369—2008	玻璃纤维无捻粗纱
GB/T 18374	增强材料术语及定义
GB/T 25045	玄武岩纤维无捻粗纱
GB/T 7690.1	增强材料 纱线试验方法 第1部分: 线密度的测定
GB/T 7690.3	增强材料 纱线试验方法 第3部分: 玻璃纤维断裂强力和断裂伸长的测定

GB/T 7690.4	增强材料 纱线试验方法 第 1 部分：硬挺度的测定
GB/T 9914.1	增强制品试验方法 第 1 部分：含水率的测定
GB/T 9914.2	增强制品试验方法 第 2 部分：玻璃纤维可燃物含量的测定
GB/T 14208.2	纺织玻璃纤维增强塑料 无捻粗纱增强树脂棒机械性能的测定 第 2 部分：弯曲强度的测定
GB/T 20310	玻璃纤维无捻粗纱 浸胶纱试样的制作和拉伸强度的测定
ISO 15039	玻璃纤维无捻粗纱 浸润剂溶解度的测定

3 术语和定义

本标准使用 GB/T 18374 和 GB/T 25045 中的术语和定义。

4 分类和代号

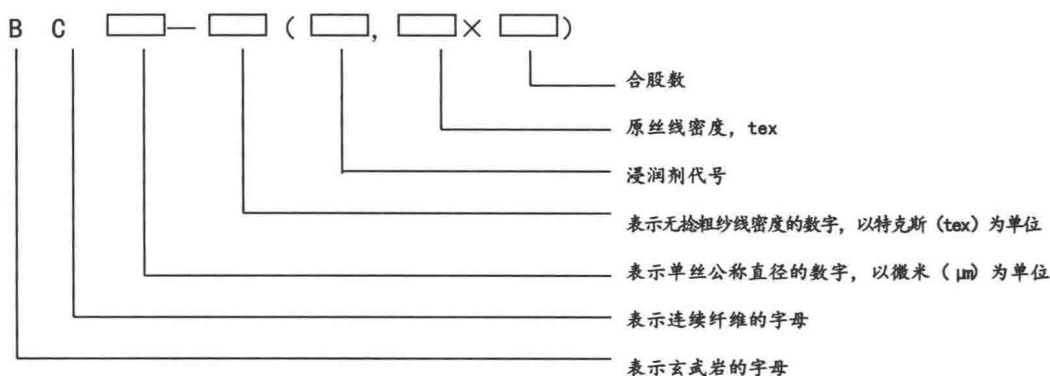
4.1 产品分类

按制造工艺分为直接无捻粗纱和合股无捻粗纱。

按使用工艺分为短切无捻粗纱和非短切类无捻粗纱。

4.2 产品代号

产品代号应符合以下规定：



示例 1: 纤维单丝公称直径为 9 μm, 线密度为 80tex, 采用 T001 浸润剂 (制造商标记) 的玄武岩纤维直接无捻粗纱, 其代号为: BC9—80 (T001)。示例 2: 纤维单丝公称直径为 13 μm, 线密度为 800tex (原丝线密度为 66tex×12 股), 采用 T002 浸润剂 (制造商标记) 的玄武岩纤维合股无捻粗纱, 其代号为: BC13—800 (T002, 66×12)。

5 要求

5.1 外观

玄武岩纤维无捻粗纱不得有影响使用的污渍、杂质、毛羽等缺陷。其颜色应均匀, 纱筒应紧密, 规则地缠绕成圆筒状, 以保证退绕方便。

玄武岩纤维无捻粗纱外观疵点符合表 1 的规定。

表 1 玄武岩纤维无捻粗纱外观疵点

序号	疵点名称	疵点程度	允许程度
1	蛛网	3cm 以上的	不允许
2	磨损	原纱表面磨损或碰伤	不允许
3	泡泡纱	松、紧股	不允许
4	倒边	两边不平整, 有凹凸现象	不允许
5	弧形纱	纱筒表面凹 (凸) 半径 > 2mm	不允许

5.2 氧化铁含量

三氧化二铁和氧化亚铁 (Fe₂O₃+ FeO) 的质量分数应大于 7%。

5.3 纤维直径

纤维直径应不超过公称直径的 $\pm 15\%$ ，变异系数应不大于 14% 。

5.4 线密度

玄武岩纤维无捻粗纱，常用线密度为 300tex 、 600tex 、 800tex 、 1200tex 、 2400tex 。线密度平均值相对于公称值的允差为：

- 短切粗纱类为 $\pm 8\%$ ，其测定值的变异系数应不大于 6% ；
- 非短切粗纱类为 $\pm 5\%$ ，其测定值的变异系数应不大于 5% 。

5.5 含水率

玄武岩纤维无捻粗纱的含水率不大于 0.2% 。

5.6 浸润剂

玄武岩纤维无捻粗纱使用塑料型（增强型）浸润剂，并标明适用树脂。

可燃物含量不超过标称值的 ± 0.2 或 $\pm 20\%$ ，取范围较大者。

5.7 断裂强度

玄武岩纤维无捻粗纱的断裂强度不小于 0.40N/tex 。

5.8 硬挺度

短切类无捻粗纱硬挺度为 $80\sim 200\text{mm}$ ，极差不大于 30mm 。

5.9 短切率、分散率

短切类无捻粗纱短切率不小于 95% 。短切类无捻粗纱单束线密度在 30tex 及以下的，分散率不小于 80% ，单束线密度在 30tex 以上的，分散率不小于 95% 。

5.10 悬垂度

非短切类合股无捻粗纱悬垂度不大于 50mm 。

5.11 耐碱性

以单丝拉伸强度保留率表示，不小于 70% 。

5.12 耐温性

以单丝拉伸强度保留率表示，不小于 70% 。

5.13 应用性能

应符合表2的规定。

表2 应用性能

用途	项目	要求	
喷射、模塑料	浸胶后丙酮溶解度/%	标称值的 ± 20	
拉挤、缠绕	浸胶纱力学性能	拉伸强度/MPa	≥ 000
		弹性模量/MPa	≥ 85
		断裂伸长率/%	≥ 2.5
织造、拉挤、缠绕	棒状复合材料 ^a 弯曲强度/MPa	标准状态	≥ 850
		潮湿状态 ^b	≥ 700

注：a 棒状复合材料树脂基材包括：不饱和聚酯树脂、乙烯基树脂、环氧树脂。b 潮湿状态指 100°C 沸水煮 2h 。

6 试验方法

6.1 外观

在正常（光）照度，距离 0.5m ，目测法逐个检验。

6.2 氧化铁含量

按 GB/T 1549 的规定。

6.3 纤维直径

按 GB/T 7690.5 的规定。

6.4 线密度

按 GB/T 7690.1 的规定,操作时应除去浸润剂,每个样本测定 3 次。

6.5 含水率

按 GB/T 9914.1 的规定,每个样本测定 3 次,以测定值的平均数作为测定结果。

6.6 可燃物含量

按 GB/T 9914.2 的规定,每个样本测定 3 次,以测定值的平均数作为测定结果。

6.7 断裂强度

按 GB/T 7690.3 的规定。

6.8 硬挺度

按 GB/T 7690.4 的规定。

6.9 短切率、分散率

按 GB/T 18369—2008 附录 A 的规定。

6.10 悬垂度

按 GB/T 18369—2008 附录 B 的规定。

6.11 耐碱性

按 GB/T 25045 附录 A 的规定。

6.12 耐温性

按 GB/T 25045 附录 B 的规定。

6.13 丙酮溶解度

按 ISO 15039 的规定。

6.14 浸胶纱拉伸强度、弹性模量和断裂伸长率

按 GB/T 20130 的规定。

6.15 棒状复合材料弯曲强度

按 GB/T 14208.2 的规定。

7 检验规则

7.1 出厂检验和型式检验

7.1.1 出厂检验

产品出厂时,应进行出厂检验,检验合格,方可出厂。出厂检验项目,短切类无捻粗纱应包括外观、线密度、含水率、可燃物含量、断裂强度、硬挺度、短切率和分散率;非短切类无捻粗纱应包括外观、线密度、含水率、可燃物含量、断裂强度和悬垂度。

7.1.2 型式检验

有下列情况之一时,应进行型式检验:

- ①新产品投产时;
- ②原材料或生产工艺有较大的改变,可能影响产品质量时;
- ③停产时间超过三个月,恢复生产时;
- ④正常生产时,每年至少进行一次;
- ⑤出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时;
- ⑥根据供需双方合同有要求时;
- ⑦国家质量检验机构提出型式检验要求时。

型式检验项目为本标准中的全部项目。

7.2 检查批与抽样

7.2.1 检查批

以同一原料、同一生产工艺、同一品种、同一规格、稳定连续生产的一定数量的单位产品为一个检查批。

7.2.2 判定规则

7.2.2.1 外观、断裂强度、含水率、可燃物含量、悬垂度、短切率、分散率采用表 3 中的第 I 栏规定进行抽样与判定。

表 3 抽样方案

批量范围	I			II
	样本大小	接收数 A_c	拒收数 R_e	
3~25	3	0	1	1
26~280	13	1	2	
281~500	20	2	3	
501~1200	32	3	4	
1201~3200	50	5	6	2
3201~10000	80	7	8	

7.2.2.2 棒状复合材料弯曲强度、浸胶纱拉伸强度、丙酮溶解度按表 3 第 II 栏的规定进行抽样，以测定结果平均值的修约值进行判定。

7.2.2.3 线密度按表 3 第 I 栏所列样本数抽样，以批样本测定结果的平均值和变异系数进行判定。

7.2.2.4 所有单项合格，判该批产品合格，否则判该批产品不合格。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

按 GB/T 25045 的规定。

8.2 包装

按 GB/T 25045 的规定。

8.3 运输

应采用干燥的遮篷运输工具运输，运输装卸过程中禁止抛扔和损坏包装。

8.4 贮存

应放置在干燥通风的室内贮存，堆码层数不得超过包装上标明的堆码层数极限。

2.4 沥青路面用玄武岩纤维企业产品标准

1 范围

本标准规定了沥青路面用玄武岩纤维的术语和定义、分类、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、出厂、运输、储存等。

本标准适用于热拌沥青混合料中添加的短切类玄武岩纤维材料，不适用于岩棉类材料。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 7690.5—2001 增强材料 纱线试验方法 第 5 部分：玻璃纤维直径的测定