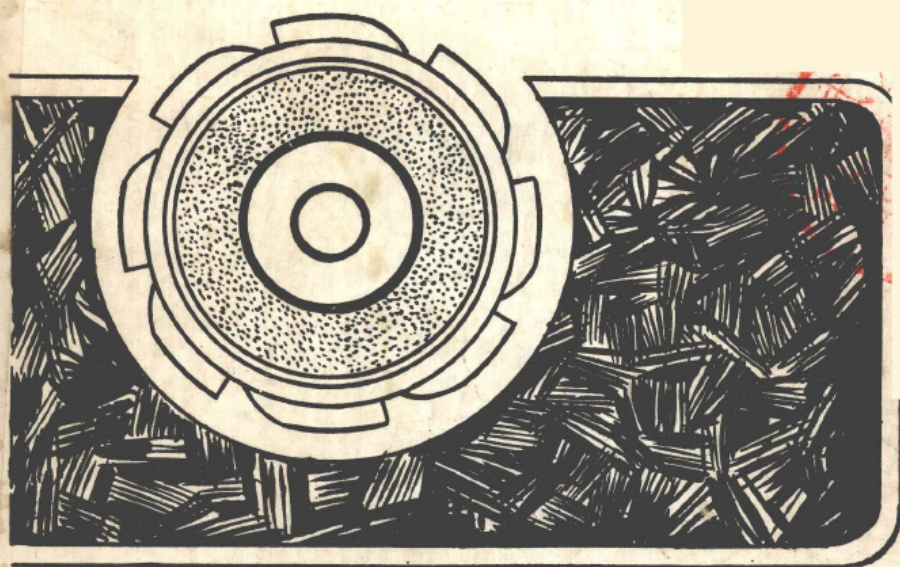




全国第三届纤维水泥制品与纤维混凝土学术会议



论文集



1990 武汉

全国第三届纤维水泥制品与纤维混凝土学术会议

会议论文集

(2)

武汉 · 1990 年 1 1 月

序 言

在中国土木工程学会混凝土和钢筋混凝土学会，工程建设标准化协会的支持与关怀下，在与会代表及其所在单位的努力和支持下，“全国第三届纤维水泥制品与纤维混凝土学术会议”于1990年11月在武汉举行。会议收到了学术论文共116篇，内容涉及钢纤维混凝土增强机理、材性和结构性能的科研成果、钢纤维混凝土工程设计施工应用经验和钢纤维生产技术，以及其它类型的纤维混凝土及其制品的研究和应用成果。由会议组织委员会汇编成论文集。这本论文集对我国纤维混凝土的研究和应用的发展必将起到积极的推动作用。

1986年和1988年分别在大连和哈尔滨举行了第一届和第二届全国性的学术会议，对纤维混凝土的研究和应用成果进行了广泛的交流。近二年来，我国的纤维混凝土研究和应用又有了新的发展。由中国工程建设标准化协会批准编制的(钢纤维混凝土试验方法)标准不久即可颁布试行；(钢纤维混凝土结构设计与施工规程)的送审稿已完成，即将送审。钢纤维混凝土在公路、隧洞、桥梁、桩基、房屋建筑、耐火材料等方面的应用逐步推广。但同发达国家如美国和日本相比，纤维混凝土的应用范围还待扩大，而其它新型的纤维，如碳纤维、有机合成纤维以及其它类型的纤维所配制的复合材料的研究和应用则更待发展。在全国第三届纤维水泥制品与纤维混凝土学术会议之后，经过我国广大科技工作者、设计和施工人员，有关纤维生产厂家和建设管理部门的努力，我国的纤维水泥制品和纤维混凝土的研究和应用一定能在不久的将来步入国际先进行列。

赵国藩

1990年11月

奔牛切削金属纤维

· 适用范围 ·

适用于道路路面、铁路轨枕、桥梁、桥面、隧道内衬、机场跑道、火箭发射基地、沟渠护坡、防爆设施、工业地面、电站、码头和海洋构筑物、工业机房防震、刚性防水屋面、混凝土构筑物修补等。

优 点

经建工、建材、水电、铁道及部分高等院校的有关专家和科研人员对本厂钢纤维进行了深入细致的材性和构件试验，一致认为具有以下优点：

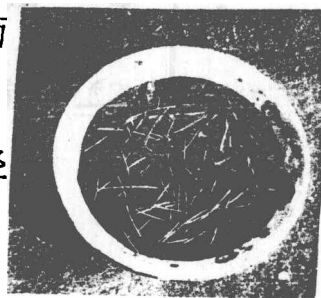
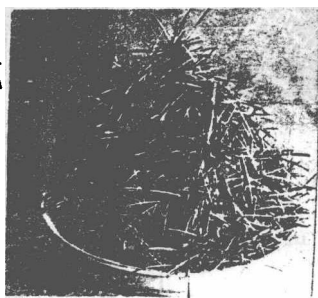
1. 与混凝土的结合力强。
2. 通用性强，既可浇灌也可喷射。
3. 掺有钢纤维的砼抑制裂缝的能力强，抗拉强度、抗弯强度、抗剪强度均有不同程度的提高。

4. 受弯构件中掺入钢纤维混凝土，明显地提高了开裂荷载、刚度、延性及耗能能力，改善了构件的使用性能。

5. 经一些施工单位应用，认为在刚性屋面中使用钢纤维混凝土，能增强防渗，减少维修、延长寿命、节省材料、方便施工，有较好综合经济效益。

规格：园直带微扭、长25mm。

性能：见表



钢纤维混凝土力学性能

钢纤维 掺量十%	抗弯初裂 MPa	极限抗弯 MPa	极限抗压 MPa	极限劈拉 MPa	抗弯性 N-M
0	5.4	5.4	44.5	3.1	3.2
0.6	7.6	8.1	45.5	4.0	24.3
1.0	8.9	9.5	47.9	4.8	27.1
1.5	9.5	11.2	52.3	6.2	36.0
2.0	11.8	14.9	54.7	6.5	44.6



本厂拥有先进的生产工艺和较强的技术力量，质量保证，价格合理。热忱为用户服务，代办托运。欢迎广大用户惠顾！

厂长：姚光新

业务联系：姚文伟

芮建伟

地址：江苏常州西门奔牛镇

电话：552 554

电挂 常州 6693

邮政编码：213 131

全国第三届纤维水泥制品与纤维混凝土学术会议

学 科 委 员 会

主任委员	赵国藩
委 员	樊承谋
	沈荣熹
	程庆国
	程良奎
	章文纲
	王璋水
	孙 伟
	徐 蕴贤
	李卷志
	彭少民

全国第三届纤维水泥制品与纤维混凝土学术会议

组织委员会

主任委员

赵国藩 大连理工大学

委员

彭少民 武汉工业大学

程铁生 空军工程学院

黄承逵 大连理工大学

赵景海 哈尔滨建筑工程学院

金芷生 北京科技大学

吴淑华 北京铁道科学研究院

吴梨玲 浙江省水利水电科研所

阎贵芳 黑龙江庆安钢铁厂

宗丕功 河北宣化四方台铁矿

朱晋茂 杭州东岳钢纤维厂

秘书长

林长青 黄承逵

秘书

周 详 刘远志 张武英

采用切削法生产低碳钢扭曲钢纤维的厂家

——江苏省武进县前黄水利建筑材料厂

本厂生产的 Q/320223A, AJ002-90 两种型号的钢纤维, 呈扭曲状, 增强了钢纤维与基材之间的粘结啮合力, 与同类产品相比, 增强砼抗拉、抗压、抗冲击耐疲劳特性明显提高, 并且易搅拌成型, 不会结团, 便于使用, 是钢纤维家族中的佼佼者。

产品规格

型 号	规 格 (当量直径 $D \times$ 长度)	截面尺寸 (厚 $\times$ 宽) mm $\times$ mm	截面积 (mm ²)
DN-20	$D \times 20$	0.4×0.3	0.12
DN-25	$D \times 25$	0.4×0.3	0.12
DN-30	$D \times 30$	0.4×0.3	0.12

产品质量性能

弯曲形式	弯曲次数
90°	一次不断裂
135°	四次不断裂

本厂宗旨

质量第一 用户至上

价格合理 代办托运

欢迎来人来函洽谈业务!

厂址: 江苏省常州市南门外前黄镇 电话: 常州 118 前黄总机转 254

电挂: 1408 帐号: 前黄营业所 0053712 邮政编码: 213172

联系人: 徐秋元

目 录

材性试验研究及增强机理分析

- 1、钢纤维混凝土单轴受压应力~应变全曲线
.....张志辉 黄承逵 赵国藩 (1)
- 2、钢纤维陶粒混凝土基本力学性能的试验研究
.....张志辉 赵国藩 黄承逵 (9)
- 3、废钢丝绳纤维混凝土基本力学性能的试验研究
.....张志辉 赵国藩 黄承逵 (15)
- 4、钢纤维砼统一抗弯理论
.....贡金鑫 赵继章 (20)
- 5、钢纤维与基体粘结性能的研究
.....金芷生 庞 沅 赵永禄 (28)
- 6、钢纤维钢筋砼构件模糊抗裂可靠性分析
.....周 详 林长青 李凤翔 毛天尔 (34)
- 7、钢纤维砼抗拉强度分析
.....黄定如 林长青 彭少民 (40)
- 8、钢纤维水泥混凝土静、动弹性模量的分析和试验
...蔡 健 蔡 敏 刘效尧 蔡四维 谢明贤 (48)
- 9、钢纤维砼与变形钢筋粘结性能的试验研究
.....唐九如 严永成 周起敬 (54)
- 10、钢纤维增强混凝土抗弯强度试验研究
.....张福保 张庆宗 (62)
- 11、钢纤维增强混凝土弯曲疲劳强度实验研究
.....张福保 张庆宗 (65)
- 12、钢纤维增强混凝土抗拉强度实验研究
.....张福保 张庆宗 (68)
- 13、纤维对水泥基体孔结构的改善作用及增强机理
.....强 卫 李川河 岳昌年 (71)

- 14、钢纤维砼拉伸本构模型
.....茆田杨 王文安 (79)
- 15、SFRC复合材料的动态本构关系
.....孙 珏 郭晓辉 (85)
- 16、钢纤维水泥混凝土的疲劳试验和疲劳强度理论
...蔡 敏 蔡 健 刘效尧 蔡四维 谢明贤 (90)
- 17、SFAECP混凝土试验研究
.....乐贵平 商 毅 (97)
- 18、钢纤维砼断裂能及断裂韧性试验研究
.....高路彬 (102)
- 19、钢纤维混凝土在三向受压情况下的本构模型
.....张永厚 潘家英 (110)
- 20、钢纤维混凝土(SFRC)抗冻性能的试验研究
.....赵鲁光 李思寿 (118)
- 21、钢纤维混凝土复合材料的声发射特征研究和应用
.....戴文彬 岳昌年 (121)
- 22、纤维硅灰高强砼的力学行为及界面的特性
.....孙 伟 严 云 (130)
- 23、钢纤维增强水泥基复合材料疲劳特性的研究
.....孙 伟 高建明 (137)
- 24、钢纤维海工混凝土耐久性试验研究
.....金伟华 陈慧瑛 (144)
- 25、钢纤维膨胀混凝土初探
.....李秋义 樊承谋 (149)
- 26、尼龙、高密度聚乙烯纤维增强砼的力学性能
.....易 成 赵景海 樊承谋 (156)
- 27、尼龙纤维与钢纤维混合增强砼弯曲性能
.....赵景海 易 成 樊承谋 (163)
- 28、特细砂钢纤维混凝土力学特性研究
.....蒙 云 张光清 (171)
- 29、钢纤维喷混凝土裂纹张开位移的起裂准则
.....谢兴保 (177)

喷射技术、施工技术及经济分析

- 30、以抗折强度为指标的SFRC配合比设计方法
.....高建明 孙 伟 (182)
- 31、钢纤维混凝土(SFRC)施工
.....李思寿 赵鲁光 (189)
- 32、SFRC原材料单价与综合单价的研究与分析
.....李卷志 (195)
- 33、喷射书钉钢纤维混凝土补强砖砌体研究
.....秦学优 李俊彦 黎家旋 罗光大 (203)
- 34、钢纤维喷射混凝土喷射技术探讨
.....江庆岳 黎家旋 (209)
- 35、基于知识系统的异形钢纤维砼配合比设计(喷射工艺)
.....黄 强 (213)

纤维生产、机具研究制造及纤维性能分析和开发前景

- 36、论代用纤维在石棉水泥工业中的应用现况与前景
.....沈荣熹 (220)
- 37、薄钢板边料生产波纹钢纤维的研究
.....罗光大 李国良 丁沃圻 袁家辛 (230)
- 38、书钉型钢纤维环氧试件轴向拉伸试验
.....罗光大 陶定宇 陶建生 谢秉洪 (238)
- 39、园环形钢纤维增强混凝土的展望
.....许之咏 杨寿昌 王镇武 (246)
- 40、微扭书钉型钢纤维切割原理
.....谢秉洪 韩水生 袁家辛 吴基华 匡汉荣 (249)
- 41、旋风剪切法切制钢纤维机理探讨
.....谢秉洪 肖荣清 韩水生 袁家辛 匡汉荣 (254)
- 42、螺旋型钢纤维环氧试件轴向拉伸试验
.....王文安 罗光大 邓 训 陈黎明 (262)

市政工程及其它工程的试验研究和应用及工程实例分析

- 43、钢纤维增强水泥基复合材料路面研究及路面厚度的分析
.....孙 伟 高建明 (270)
- 44、钢纤维膨胀混凝土防水屋面的应用
.....李秋义 樊承谋 (277)
- 45、钢丝网与钢纤维水泥砂浆复合的新型结构材料
.....胡 昌 吴葵英 孙美芬 彭守敏 (283)
- 46、钢纤维增强碾压混凝土的研究
.....田 兵 卢亦焱 (291)
- 47、钢纤维砼泵管的研究
.....王信国 陈凤杨 王伯泉 (298)
- 48、纤维用于井巷支护、前景及深化研究的探讨
.....何天淳 刘北辰 (302)
- 49、钢纤维混凝土在钢砼长桩上的应用
.....徐鼎新 (307)
- 50、钢纤维砼在结构复杂应力区中的应用
.....刘宪恒 张忠刚 (310)
- 51、钢纤维混凝土肋拱桥动态性能分析
.....蒙 云 赖 明 洪 桔 (313)
- 52、GRC活动房墙板试验研究
.....陈文德 邓承仪 李德辉 黄自新 (319)
- 53、钢纤维混凝土在龙凤山水库消险工程东山隧洞底拱补强中的应用
.....孙 鹏 (324)
- 54、钢纤维增强耐热混凝土在炼油装置上的应用
.....陈秀苓 (331)
- 55、螺旋钢纤维在预制构件生产台面中的应用研究
.....何亚伯 郑康平 吴恩强 (334)
- 56、异形钢纤维砼路面的强度试验研究
.....王文安 邓 训 陈黎明 (341)
- 57、钢纤维自应力混凝土在防水屋面中的应用探讨
.....李俊彦 王圭生 王连明 王松鹤 (346)
- 58、碾压钢纤维混凝土路面研究
.....刘 平 王文安 罗光大 (352)

- 59、钢纤维混凝土在刚性屋面中的应用
.....黄伯林 (359)
- 60、钢纤维混凝土管力学性能的试验研究
.....孙绍平 赵 筠 (361)
- 61、采用真空脱水工艺制作SFRC-PC复合混凝土道路的研究
.....姜正平 陈 飏 曹新庆 (368)
- 62、钢纤维砼路面的材料研究与工程实践
.....林 明 汪钟德 (372)
- 63、钢纤维混凝土拱桥动态性能分析
.....蒙 云 赖 明 洪 桔 (380)
- 64、珠溪SFRC试验桥静载检测试验研究
.....蒙 云 蒙进礼 杨宗厚 (386)
- 65、SFRC裸拱模型极限破坏试验研究
.....蒙 云 冯鹏程 (394)

构件和结构性能的试验研究

- 66、钢纤维钢筋陶粒混凝土梁正截面强度计算公式
.....张志辉 黄承逵 赵国藩 (402)
- 67、钢纤维钢筋砼梁极限弯矩与其关联因子的灰色关联度分析
.....周 洋 李凤翔 (408)
- 68、配筋钢纤维砼构件裂缝宽度计算的理论模式
.....赵继章 贡金鑫 (413)
- 69、配筋钢纤维砼构件的刚度增强机理及计算
.....贡金鑫 赵继章 (417)
- 70、钢纤维钢筋混凝土梁正截面性能的研究
.....高丹盈 (425)
- 71、钢纤维高强砼框架节点的试验研究
.....徐金法 蒋永生 卫龙武 鲁宗懋 (429)
- 72、钢纤维高强砼框架节点梁端人工塑性铰新方案的探索
.....陆建忠 蒋永生 卫龙武 鲁宗懋 (437)
- 73、离心钢纤维混凝土管试验研究
.....郭宏定 刘汉栓 孙 伟 (445)
- 74、部分纤维增强混凝土弯曲特性的研究
.....沈茂山 (452)

- 75、钢纤维混凝土柱偏心受压性能研究
.....张亚非 林长青 彭少民 (458)
- 76、钢纤维钢筋混凝土受弯构件裂缝宽度试验研究
.....黄兴棣 朱华俊 (466)
- 77、SFRC带孔口构件破坏性能和应力分析
.....何菊芳 侯建国 (474)
- 78、低周反复荷载作用下SFRC悬臂梁的试验研究
.....何菊芳 要纶彦 (482)
- 79、钢纤维混凝土框架节点抗剪强度的研究
.....郑七振 刘长发 (488)
- 80、钢纤维钢筋混凝土受弯构件正截面承载力的试验研究
.....朱华俊 黄兴棣 (497)
- 81、钢筋—钢纤维混凝土牛腿抗裂性能的试验研究
.....王春印 杨光华 (505)
- 82、钢筋—钢纤维混凝土牛腿承载力的试验研究
.....王春印 杨光华 (514)
- 83、玻纤混凝土井盖受力性能的研究
.....刘立新 刘克己 高会宗 (520)
- 84、配筋钢纤维砼叠合梁抗裂度及裂缝宽度的试验研究
.....彭少民 李凤翔 徐礼华 林长青 (527)
- 85、配筋钢纤维砼叠合梁变形试验研究
.....彭少民 徐礼华 李凤翔 林长青 (539)
- 86、配筋钢纤维砼叠合梁叠合特征值 β 的分析
.....李凤翔 彭少民 林长青 徐礼华 (550)

其 它

- 87、钢纤维混凝土的断裂韧度分析
.....彭少民 李书进 (556)
- 88、F·C·在公路工程中应用及其发展
.....李士恩 (564)
- 89、配筋SFRC迭合构件特性探讨
.....林长青 彭少民 (572)

GRC活动房墙板试验研究

陈文德 邓承仪 李德辉 黄自新

(解放军后勤工程学院)

【摘要】本文介绍用抗碱玻璃纤维增强低碱度水泥砂浆作面层，用聚苯乙烯泡沫塑料板作芯材的活动房墙板的结构形式，成型工艺和技术性能的试验研究情况，采用这种墙板组装试验性活动房在部队的使用情况等。阐述这种板材的轻质、高强、保温性能好、耐水耐火等特点及发展前景。

一、前言

玻璃纤维增强水泥(国内外简称GRC)是以水泥砂浆为基材，用玻璃纤维增强的一种新型建筑材料。由于国内抗碱玻璃纤维、低碱度水泥和喷射成型工艺设备的研制成功，使得GRC这一轻质、高强、耐久、多功能、多用途的材料及制品得到了迅速发展。目前主要用于制作墙板、玻瓦、浴缸、天花板、阳台栏板、永久性模板等半承重和非承重制品。用GRC材料研制轻质高强，兼有围护、承受荷载和保温隔热功能的活动房墙板是一种新的尝试。我院GRC活动房墙板课题组经过三年多的反复试验研究，成功地解决了GRC在活动房墙板上的应用的板型、构造、材料选择、配方、工艺等技术问题，初步探索了连接方式，拼缝处理。以这种板材组装的试验性活动房在部队试用一年多，从我们的测试和用户的反映一致认为，它的物理、力学性能良好，具有广阔的发展前景。

根据我们对各大军区和全国大部分省(市、区)活动房的使用和生产情况的调查，我国目前生产、使用的活动房按结构方式主要可分为箱式整体活动房和装配式活动房两大类，所用的主要围护结构材料及特点有：以蜂窝纸作芯材，纤维板作面板的夹芯板，这种板的优点是自重较轻，价格较低，缺点是防水防火、保温隔热、耐久性能较差；以硬质泡沫塑料作芯材，薄钢板或铝板作面板的夹芯板，这类板的物理力学性能较好，但价格昂贵；以矿棉、泡沫塑料等作芯材，以玻璃钢作面板的夹芯板也存在造价较高，耐火、耐久性有限的问题。此外还有以各种水泥板作围护结构，但自重大，且一般只在运到现场的时候是活动的，装配以后就是永久性的了。为此，尤其需要价格适中，轻质高强、防火防水、保温隔热性能都较好的围护结构材料，GRC活动房墙板正是基于这种现实和设想而研制的。

二、原材料及GRC主要性能

1、原材料

制作GRC面板采用ER-13抗碱玻璃纤维无捻粗纱和网格布，纤维直径 $13\sim 15\mu\text{m}$ ，抗拉强度 1700MPa 。网格布幅宽 850mm ，网格尺寸 $5\times 5\text{mm}$ 。

硫铝酸盐I型低碱度水泥经实测物理力学性能如表1。1.10水泥浆液的pH值 $1\text{h}<10.5$ 。

I型低碱度水泥物理力学性能

表1

标准稠度 用水量 (%)	凝结时间 (时:分)		1:2.5胶砂抗折强度 (MPa)				1:2.5胶砂抗压强度 (MPa)			
	初凝	终凝	1d	3d	7d	28d	1d	3d	7d	28d
22	1.17	2.37	5.60	6.15	6.36	6.60	34.24	35.20	43.70	49.65

使用的砂为河砂，表观密度 2.69g/cm^3 ，堆积密度 1424kg/m^3 ，细度模数2.53，最大粒径1.25mm，平均粒径0.53mm。

适量有机掺合物和外加剂。

2. GRC主要性能

影响GRC物理力学性能的因素很多，除玻璃纤维、水泥本身的性能外，与玻纤掺量，玻纤长度，灰砂比、水灰比等密切相关。由于水灰比受到成型操作条件的控制，只能在保持流动性不变的情况下随灰砂比的变化而变化，我们选取玻纤掺量，玻纤长度、灰砂比为考察因素，每一因素列四级水平，采用 $L_{16}(4^3)$ 正交设计表安排试验。性能评定指标为28天抗折强度值之和，试验结果如图1所示。

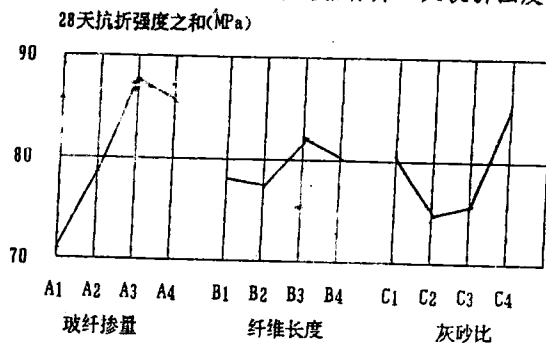


图1 考察因素与试件抗折强度的关系

从图1分析可看出，强度极差最大者是玻纤掺量，其次是灰砂比，最小者是纤维长度。由此可见，在一定范围内，GRC的抗折强度随玻纤掺量的增加，灰砂比的增大，纤维长度的增长而增大。当玻纤掺量过多，纤维长度过长时，因受到工艺条件的限制，纤维分散不均匀、结团和弯曲，导致抗折强度下降，对于厚度较小的试件影响更大。因此，据图1可得出最佳组合为 $A_3B_3C_4$ 。

为了全面了解玻璃纤维对砂浆的增强效果，我们以最佳组合的配比，采用直接喷射成型方法，制成 $500 \times 500 \times 10\text{mm}$ 的板材，然后切割成各种试验试件测定其物理力学性能，并与纯砂浆性能作对比，28天龄期试验结果如表2所示。

试件的物理力学性能对比

表2

	抗拉强度 (MPa)	抗压强度 (MPa)		抗弯强度 (MPa)	抗折强度 (MPa)	抗冲击强度 (J/cm ²)	抗冻指标(M25)		干表观密度 (g/cm ³)
		垂直于纤维	平行于纤维				重量损失 (%)	抗折强度 损失 (%)	
纯砂浆试件	1.79	39.77		4.76	6.24	0.26			
GRC试件	7.15	50.64	38.61	20.04	25.35	2.17	0.75	16.86	1.94
提高倍数	3.99	1.27	0.97	4.21	4.06	8.35			

说明，(1)试件养护温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ，相对湿度 $>90\%$ ，

(2)试件规格，抗拉—— $150 \times 25 \times 10\text{mm}$ ，抗压—— $40 \times 40 \times 40\text{mm}$ ，抗弯—— $250 \times 50 \times 10\text{mm}$ ，
抗折—— $160 \times 40 \times 10\text{mm}$ ，抗冲击—— $120 \times 25 \times 10\text{mm}$ ，

(3)抗折加荷方式为三点弯曲，抗弯加荷方式为四点弯曲。

由表2可见，GRC的力学性能指标显著提高，抗拉、抗弯、抗折、抗冲击强度分别为纯水泥砂浆的3.99，4.21，4.06，8.35倍，为活动房墙板的断面尽量减薄，降低墙板自重提供了良好的条件。

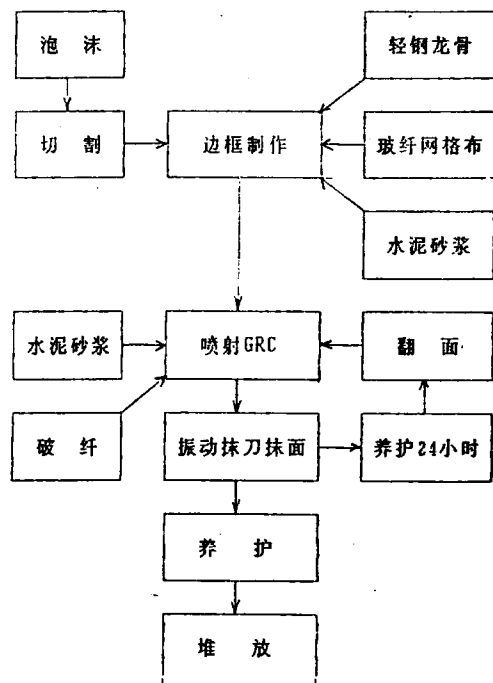
三、墙板的结构形式和成型工艺

1. 结构形式

GRC活动房墙板以聚苯乙烯泡沫塑料作芯材，内外表面均为GRC薄层，主要有两种类型，一种是边框用轻钢龙骨加强的复合板(A板)，另一种是边框用抗碱玻璃纤维网格布增强砂浆的复合板(B板)。B板考虑到使用时板与板的搭接，成型时加预埋件。GRC活动房墙板的基本平面尺寸为1000×2200~3000mm。厚度根据需要确定。

2. 成型工艺

GRC活动房墙板的成型主要分两个步骤：一是聚苯乙烯泡沫的切割和板材边框的制作，聚苯乙烯泡沫采用电阻丝切割，较好地解决了异形纵长边框的加工难点，A板边框的轻钢龙骨用自攻螺钉固定并与泡沫形成整体，B板的边框用抗碱玻璃纤维网格布增强水泥砂浆制作。二是板面的GRC部分，采用双喷嘴喷射器直接喷射，喷射器中的切割装置将连续的玻璃纤维切割成需要的长度从一个喷嘴喷出，同时另一个喷嘴喷出水泥石灰浆，双方同时直接喷到泡沫板的一面，24小时后用同样方法喷另一面，由于是数量多的板连续生产，不存在误工问题，同时省略了模板和脱模剂，GRC与泡沫的界面粘结也比较牢固。其成型工艺流程如下：



为了保证墙板两表面的GRC质量，减轻操作人员的劳动强度，我们专门设计制作了喷射小车，把喷射器装在小车的活动装置上，纤维及灰浆管、空气胶管都固定在小车上随车运动，小车沿板的长度方向作后退运动，活动装置上的喷射器沿板的宽度方向作左右运动，操作人员只要坐在小车上操作喷射器向下喷射在板面上。

由于GRC面层的厚度很小，要保证厚度误差小，面层厚薄均匀，纤维分散好，需通过反复操作试验，确定合适的出灰量，压缩空气压力，喷射距离，喷射角度等工艺参数。

四、墙板的技术性能分析及特点

1、重量