

GRC

幕墙与建筑装饰构件的 设计、制作及安装



◎ 郭学明 主编
◎ 徐永模 主审

Design、Manufacture and Installation for
GRC curtain wall and
GRC elements of buiding decortion

首部GRC系统专著 / 开行业之先河 / 集发展之大成



 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS

GRC 幕墙与建筑装饰构件 的设计、制作及安装

主编 郭学明

参编	李青山	张晓娜	张玉波	李 军
	欧洪米	王继龙	黄荣军	孙 昊
	梁晓艳	贾秀江	金小婷	张 健
	郭 威	李晓为	祝 捷	李如武

机 械 工 业 出 版 社

GRC 是指玻璃纤维增强水泥或混凝土,具有壁薄体轻、造型随意、质感丰富等特点,用做幕墙和建筑装饰构件,可以方便地实现各种建筑风格:古典、现代、线性、非线性,等等。

GRC 幕墙和建筑装饰构件,可以再现建筑史的辉煌,实现建筑师的理想,让建筑更具个性和艺术张力。

本书介绍了国际 GRC 行业的理论、规范与经验,以及国内 GRC 行业 20 多年应用和发展的经验与教训,既有知识性,又有实用性。

本书分为三篇:第一篇介绍 GRC 基本知识:什么是 GRC、GRC 原材料、GRC 力学性能和物理性能等。第二篇介绍 GRC 幕墙和建筑装饰构件的设计:设计强度的确定、配合比设计、建筑设计、结构设计、构造设计等。第三篇介绍 GRC 幕墙板和建筑装饰构件的制作和安装,还包括质量要点、裂缝专题和成本等内容。

本书可作为 GRC 行业技术和管理人员、幕墙行业工程技术人员的工具书;对设计 GRC 幕墙的建筑师和结构工程师、使用 GRC 产品的业主也有着重要的参考价值;同时,本书对高校建筑、结构、装饰专业的师生也有很好的借鉴参考作用。

图书在版编目(CIP)数据

GRC 幕墙与建筑装饰构件的设计、制作及安装/郭学明主编. —北京:机械工业出版社,2016.1
ISBN 978-7-111-52238-6

I. ①G… II. ①郭… III. ①幕墙-建筑结构-结构设计②建筑装饰-工程施工③房屋建筑设备-建筑安装
IV. ①TU227②TU767③TU8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 286086 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:薛俊高 责任编辑:薛俊高

责任校对:程俊巧 责任印制:乔宇

北京京丰印刷厂印刷

2016 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

169mm×239mm·24.5 印张·1 插页·475 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-52238-6

定价:68.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066 机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294 机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203 金书网:www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

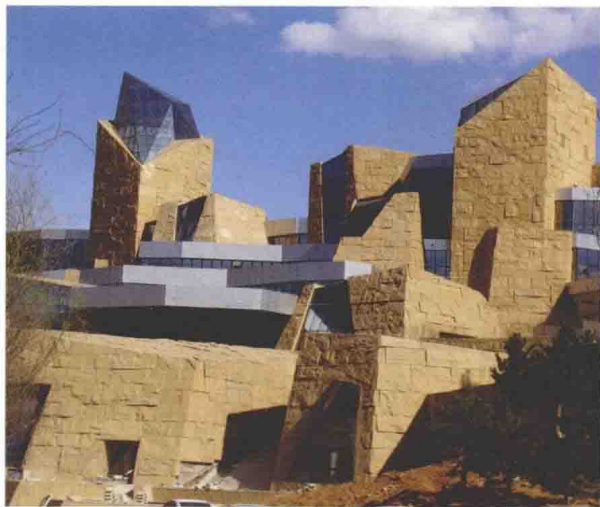


图 C-1 谷泉会议中心 GRC 仿石幕墙 (宝贵石艺)



图 C-2 南京青奥中心 GRC 砂岩质感幕墙 (倍立达)



图 C-3 洛阳中亚大饭店 GRC 建筑装饰构件 (大连山泰)



图 C-4 哈尔滨大剧院双曲面清水混凝土 GRC 板与铝幕墙相映成辉 (沈阳兆寰)



图 C-5 美国米奥别墅 GRC 装饰构件 (大连山泰)



图 C-7 旅顺现代化高中 GRC 外墙 (大连泰和)



图 C-8 公园情侣亭 GRC 曲面板 (沈阳兆寰)



图 C-6 石家庄国仕塔 (石家庄山泰)



图 C-9 GRC 藻井 (大连泰和)

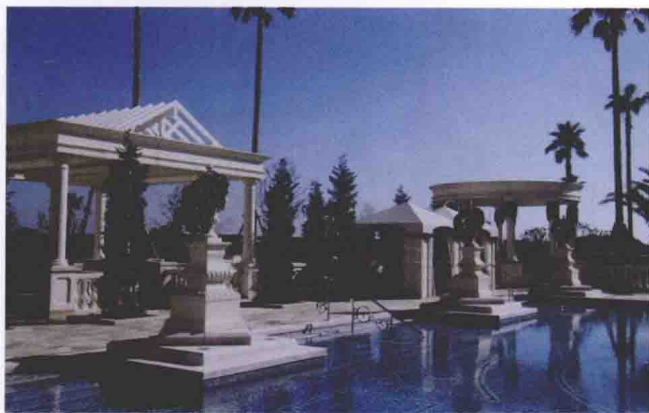


图 C-10 出口日本的花架 (大连山泰)



图 C-11 出口美国的壁炉 (大连山泰)

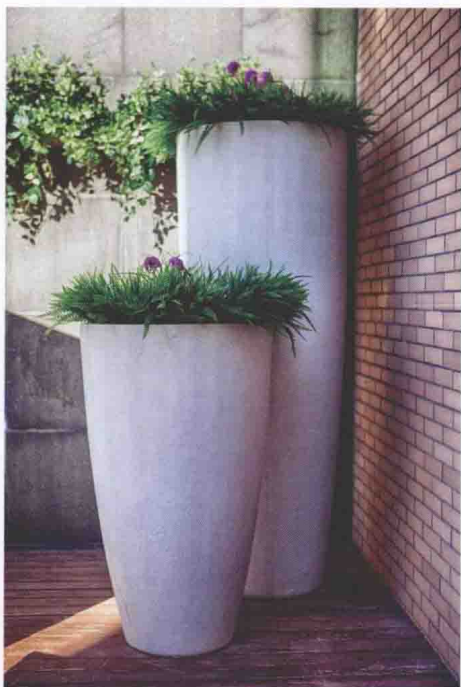


图 C-12 花盆 (沈阳兆寰)



图 C-13 庭院桌椅 (沈阳兆寰)

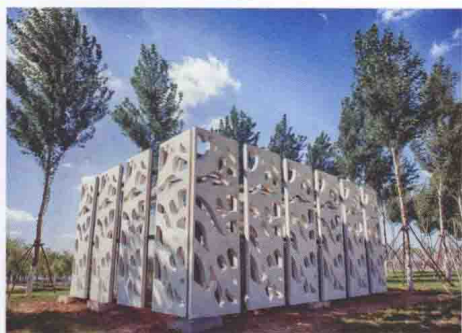


图 C-14 格栅 (沈阳兆寰)



图 C-15 南宁盛天华府长雕塑 (南宁成泰)



C16-01 白砂岩质感



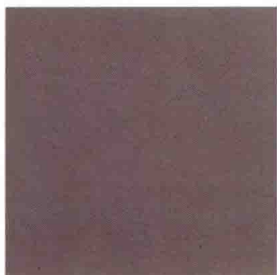
C16-02 白色条石砂岩质感



C16-03 粗粒黄砂岩



C16-04 粉砂岩



C16-05 清水混凝土



C16-06 砂岩火烧板



C16-07 黑色砂岩质感



C16-08 黑砂岩条纹



C16-09 洞石



C16-10 细粒黄砂岩



C16-11 仿砌石



C16-12 蘑菇石



C16-13 仿铜



C16-14 仿木



C16-15 剥斧石



C16-16 镂空砂岩

序

我国研究 GRC 及其应用技术可以追溯到 20 世纪 50 年代,但到目前为止,国内发表的有关 GRC 技术创新的大都是文章,而且主要是材料技术领域的文章,这本书是我国第一本关于 GRC 和 GRC 装饰混凝土制品的、集材料、设计、制作和工程安装技术与一体的专著。本书作者团队向读者无私奉献了他们 20 多年在 GRC 建筑构件设计、制作与施工安装方面的成功经验。因此,本书的出版是一个里程碑,标志着中国 GRC 及其复合装饰混凝土制品技术开始走向成熟。

诚如作者指出的,GRC 的制造和应用是一个关联材料制备、生产工艺装备、建筑造型与装饰设计、构件结构安全设计和工程施工等多学科的系统工程。相比其他水泥混凝土及其制品的设计、制造和应用来说,GRC 及其建筑装饰制品的发展要年轻的多。到目前为止,除了材料制备和生产制造技术以外,我国 GRC 行业还没有形成自己专有的结构力学设计、建筑应用设计和工程施工的标准规范体系,也就是说,这个产业发展还没有成熟,特别需要建筑师、结构工程师的参与,全面总结我国 20 多年在建筑结构上的应用经验和教训,形成我国 GRC 建筑设计和安装施工技术体系。本书作者团队有来自材料、结构、建筑和工程专业领域的工程师,通过学习总结国内外和自己 20 多年的实践经验,无私地为中国 GRC 行业的发展奉献了一份难得的厚礼。这本书的出版将显著提升我国 GRC 产业的生产制造和工程应用水平。

值得指出的是,虽然我国在 GRC 材料制备和应用方面在国际上独树一帜并积累了成熟经验,但本书从建筑功能和结构安全的角度对 GRC 材料制品提出的性能和质量要求,能够反过来促进 GRC 材料的发展和深化对材料工程性能的认识,例如碳化、钢筋锈蚀等耐久性问题。有关材料研究需要从实际应用环境出发深入和拓展。例如作者指出,GRC 薄壁构件在干燥环境中容易失去水分,从而终止水化,降低抗碳化性能,因而良好早期养护是非常重要的。但同时也可想到一系列问题,例如,用于干燥环境中(例如室内)的 GRC,后期水化的终止对于纤维抗碱性能的影响是否有好处?被涂装封闭的 GRC 材料的耐久性会怎样变化?在国家大剧院音乐厅悬挂的 GRC 波浪式吊顶为什么

可不用担心后期因强度下降而产生安全问题？可以说，无论从造型装饰效果，还是结构安全耐久，对 GRC 构件而言，在使用环境中的防水措施是很关键的。

从本书总结的问题中我们还能看到新的发展方向，例如，怎样降低模具制造成本。我两年前提出的怎样利用 3D 打印技术和低成本材料降低复杂造型构件的模具成本。此外，由于模具制造专业性很强，对成本影响很大，因而有可能分拆发展，形成独立的专业化产业。在互联网 + 时代，“众创”、“众设”的引入将使 GRC 成为一种创意产业，为建筑、城市景观、个性化居住环境的构造设计提供无限想象和发展空间。

因此，我祝贺本书的出版，并希望作者团队继续努力，加强与建筑师、结构工程师的紧密合作，从国内外不断发展的实践中，丰富 GRC 作为建筑和景观造型与装饰构件的成功经验，将本书发展成为代表中国乃至世界水平的、集 GRC 材料和应用技术之大成的工具书。

中国混凝土与水泥制品协会会长 徐永模

2015 年 10 月于北京

前言

在建筑走向个性化、艺术化、多元化的绿色时代，在建筑师致力于让建筑表皮呈现性格与表情的时代，在参数化技术、算法技术让非线性建筑时尚起来的时代；不了解 GRC，不了解 GRC 幕墙和建筑装饰构件，对于建筑师来说，是一个缺憾。

GRC 是“玻璃纤维增强混凝土”的英文缩写，是一种水泥基材料。GRC 由于有玻璃纤维增强，可以做得很薄，几十平方米的幕墙板，可以做到只有 15mm 厚。GRC 造型随意，可以便利地实现各种艺术风格，这对于怀有艺术理想的建筑师是非常可贵的。GRC 可以形成丰富的质感，特别是可以做出各种自然的质感。壁薄体轻、造型随意、质感丰富，是 GRC 的三大特点。GRC 是可用于建筑表皮的非常好的材料。

本书介绍了 GRC 幕墙和建筑装饰构件的设计、制作与安装。既是入门读物，也是设计、制作、安装的工具用书，还是 GRC 使用者的指南。

本书分三篇。

第 1 篇共 4 章，介绍了 GRC 的基本知识。回答了以下问题：什么是 GRC？GRC 是用什么材料组成的？对这些材料有什么要求？GRC 的力学性能、物理性能、化学性能和生物性能如何？这些性能与哪些因素有关？这些性能各有哪些利弊？

第 2 篇共 9 章，介绍了如何设计 GRC 幕墙和建筑装饰构件。包括 GRC 的设计原则，GRC 的标准强度和设计强度如何确定，GRC 配合比如何设计，GRC 建筑设计，有龙骨的 GRC 构件的结构设计，无龙骨的 GRC 构件的结构设计以及 GRC 结构构造设计。

第 3 篇共 5 章，介绍了如何制作、安装 GRC 幕墙板和建筑装饰构件，GRC 常见质量问题，什么是伪劣 GRC 等。还有一章介绍 GRC 的造价构成，这对于制作者和安装者而言，既可避免报价漏项，也可避免盲目高报价失去市场机会；对于用户而言，了解 GRC 的造价构成，既可以防止“被宰”，也可防止被劣质低价竞争所迷惑。

国外关于 GRC 的理论研究比较深入，对 GRC 幕墙和装饰构件的设计、

制作、安装有成型的标准，本书较多地借鉴了国外的 GRC 理论和经验，包括国际 GRC 协会的设计与安装标准、耐碱玻璃纤维知名品牌“塞姆菲尔”的技术资料、美国混凝土协会的 GRC 规范、澳大利亚 GRC 协会的 GRC 规范以及德国、日本的有关技术资料等。

本书作者有 20 多年 GRC 研发、设计、制作和安装经验，是我国最早从事 GRC 行业者之一。参编团队的其他成员大都多年从事 GRC 行业，或从事设计或从事制作或从事施工，积累了丰富的实战经验，这些经验为本书的实用性提供了支撑。

本书由郭学明任主编。李青山参与了结构设计有关章节的编写，并参与主笔“有龙骨构件结构计算”章节；张晓娜参与建筑和结构设计有关章节的编写，并参与主笔“无龙骨构件结构计算”章节；张玉波、李军、欧洪米、王继龙、黄荣军参与了基本知识、制作、安装、质量、成本等章节的编写；梁晓艳参与了建筑设计、结构设计和安装有关章节的编写。

参与本书资料搜集、工艺设计、节点设计、插图绘制、公式整理和表格汇总工作的有：孙昊（负责第 3 章、第 4 章、第 10 章，参与第 8 章、第 12 章）；贾秀江（负责第 13 章，参与第 14 章）；金小婷（负责第 2 章，参与第 12 章）、张健（参与第 13 章、第 14 章）；郭威（参与第 8 章、第 11 章、第 12 章）；李晓为（参与第 8 章、第 12 章）；祝捷（负责第 6 章）。李如武参与了部分试验工作。全书由张玉波、孙昊校审成稿。

感谢曹永康、张宝贵、边天佑、车延飞等著名专家对本书的贡献。这些专家在与笔者的交往交流过程中，或提供了有价值的学术思想和宝贵经验，或提供了重要的技术文献。

国内 GRC 行业有关专家对本书给与了重要支持。亓松彬、郭清对耐碱玻璃纤维，张振秋对硫铝酸盐水泥，王喆对混凝土保护剂，陈东对丙烯酸乳液等章节，提出了非常宝贵的专业指导意见，多被采纳。在此一并致谢。

感谢中国混凝土与水泥制品协会装饰混凝土分会商雁青秘书长和她的同事李志玲、陈夏露。装饰混凝土分会组织的学术交流、技术培训和《基本技术要点编制》工作，一方面使笔者有机会获得行业先进经验，为本书提供了营养；一方面笔者参与这些技术活动的文稿，大多成为本书的章节。

特别感谢中国混凝土与水泥制品协会会长徐永模先生。他为本书写序之

前，详细阅读了书稿，提出了很多有价值的修改意见，提升了本书的品质。

GRC 是发展中的行业，很多课题正在研究探索之中；再加上编著者的理论水平和实践经验有限，本书难免会存在一些差错和不足，恳请读者给与批评指正。

编者

于 2015 年 8 月

目 录

序

前言

第一篇 基本知识 1

第1章 GRC 概述 1

- 1.1 什么是 GRC 1
- 1.2 增强的概念 2
- 1.3 GRC 发展简述 2
- 1.4 GRC 制作工艺 3
- 1.5 GRC 主要特点 4
- 1.6 GRC 必须重视的问题 6
- 1.7 GRC 应用领域 6
- 1.8 GRC 幕墙与建筑装饰
构件 7

第2章 GRC 原材料 8

- 2.1 概述 8
- 2.2 耐碱玻璃纤维 8
- 2.3 水泥 15
- 2.4 砂子 22
- 2.5 水 24
- 2.6 外加剂 25
- 2.7 混合物 28
- 2.8 钢材 29
- 2.9 颜料、涂料与保护剂 35

第3章 GRC 力学性能 38

- 3.1 概述 38
- 3.2 影响 GRC 力学性能的因素 39
- 3.3 抗拉强度 40
- 3.4 抗弯强度 44

- 3.5 弹性模量 50
- 3.6 抗剪强度 50
- 3.7 抗压强度 51
- 3.8 抗冲击强度 52
- 3.9 泊松比 52

第4章 GRC 物理、化学和

生物性能 53

- 4.1 概述 53
- 4.2 体积密度 53
- 4.3 干湿变形 54
- 4.4 温度变形 58
- 4.5 徐变 60
- 4.6 抗冻融性 61
- 4.7 渗透性 65
- 4.8 吸水性、吸湿性与表观孔
隙率 66
- 4.9 耐火性 66
- 4.10 隔声性能 66
- 4.11 热传导 67
- 4.12 碳化 68
- 4.13 抗腐蚀性能 68
- 4.14 生物性能 68

第二篇 设计 69

第5章 GRC 幕墙与建筑装

饰构件设计概述 69

- 5.1 概述 69
- 5.2 GRC 幕墙与建筑装饰构件 69
- 5.3 设计范围与内容 75
- 5.4 设计原则 76

5.5 设计质量要点	78	设计	111
5.6 设计责任	79	8.11 管线穿过 GRC 的构造 设计	113
第 6 章 GRC 设计强度	80	8.12 防火构造设计	114
6.1 概述	80	8.13 隔声设计	115
6.2 GRC 代表强度	80	8.14 防雷设计	115
6.3 GRC 标准强度	80	8.15 GRC 表面保护设计	116
6.4 GRC 抗弯设计强度	81	8.16 GRC 建筑设计图纸 清单	117
6.5 GRC 抗拉、抗剪、抗压 设计强度	84	第 9 章 GRC 幕墙与建筑装 饰构件结构设计	
6.6 GRC 配置强度	86	概述	118
第 7 章 GRC 配合比设计	87	9.1 概述	118
7.1 GRC 配合比设计原则	87	9.2 结构设计的极限状态方法	119
7.2 GRC 配合比设计程序与 内容	88	9.3 结构设计依据	122
7.3 GRC 制作工艺方法	88	9.4 结构设计步骤	122
7.4 耐碱玻璃纤维类型和水 泥品种	89	9.5 主体结构体系	123
7.5 玻璃纤维含量	89	第 10 章 荷载与作用	125
7.6 水灰比	90	10.1 概述	125
7.7 砂灰比	90	10.2 荷载分类	125
7.8 外加剂含量	90	10.3 荷载与作用计算	126
7.9 混合料含量	91	10.4 荷载分析与组合	136
7.10 质感面层配合比设计	91	第 11 章 有龙骨 GRC 构件 结构设计	140
第 8 章 GRC 幕墙与建筑装 饰构件建筑设计	92	11.1 概述	140
8.1 概述	92	11.2 GRC 有龙骨构件分类	140
8.2 造型设计	92	11.3 GRC 板设计	142
8.3 质感与颜色设计	95	11.4 锚杆设计	157
8.4 幕墙和连续构件拆分	97	11.5 龙骨设计	176
8.5 单体构件设计	100	11.6 安装节点设计	190
8.6 接缝设计	102	11.7 有龙骨构件结构设计图纸 清单	200
8.7 边缘构件构造设计	105	第 12 章 无龙骨 GRC 构件 结构设计	201
8.8 保温构造设计	108	12.1 概述	201
8.9 排水、防止水渍、防止污 染的构造设计	110		
8.10 水密性能和气密性能			

12.2	无龙骨构件分类	201
12.3	无龙骨构件基本设计 参数	207
12.4	安装节点设计	208
12.5	无肋构件设计	228
12.6	有肋构件设计	236
12.7	无龙骨构件结构设计图 样清单	250

第 13 章 GRC 构件结构构造设计

13.1	概述	251
13.2	结构构造设计	251
13.3	混凝土后锚固设计	256
13.4	吊点设计	259
13.5	产品存放、保护、运输 设计	264
13.6	焊接设计	268
13.7	钢材防锈设计	275

第三篇 制作安装

第 14 章 GRC 幕墙与建筑

14.1	概述	276
14.2	GRC 生产工艺流程	276
14.3	厂房设备	277
14.4	生产组织	280
14.5	生产管理重点	281
14.6	模型设计与制作	284
14.7	模具设计与制作	286
14.8	金属件制作	295
14.9	GRC 制作	297
14.10	构件养护	315
14.11	表面处理	318
14.12	产品标识	320
14.13	制作质量	320
14.14	安全生产	321

14.15	节能环保	322
14.16	工厂试验室	322

第 15 章 GRC 幕墙与建筑

15.1	概述	325
15.2	安装工艺流程	325
15.3	安装准备	326
15.4	结构与墙体检查	329
15.5	构件进场检验	330
15.6	安装部件和材料进场 检验	331
15.7	构件存放	332
15.8	构件安装	332
15.9	接缝处理	336
15.10	表面处理	338
15.11	安装质量检查标准	338
15.12	施工安全要点	340
15.13	环境保护	341

第 16 章 GRC 常见质量

16.1	概述	343
16.2	GRC 构件常见质量 问题	343
16.3	劣质 GRC	347

第 17 章 GRC 裂缝原因及

17.1	概述	350
17.2	裂缝的主要原因	350
17.3	与裂缝有关的因素分析 及对策	352

第 18 章 GRC 幕墙与建筑

18.1	概述	359
18.2	装饰构件造价 构成	359

18.3 构件制作造价构成	359	目录	366
18.4 运输费用	361	附录3 GRC 幕墙与建筑装	
18.5 安装造价	361	饰构件荷载组合	
18.6 几个影响造价的因素	362	分析表	368
附录1 GRC 原材料相关标		附录4 连续梁内力及挠度	
准目录	364	计算系数表	377
附录2 GRC 设计、制作、		参考文献	379
安装有关标准			

第一篇 基本知识

第 1 章

GRC 概述

1.1 什么是 GRC

GRC 是由水泥、砂子、水、玻璃纤维、外加剂以及其他集料与混合物组成的复合材料。水泥与水发生水化反应后硬化，形成胶凝体——水泥石，把砂子（或其他集料）牢固地胶结在一起，并胶结锚固玻璃纤维，形成了具有良好性能的材料。砂子在 GRC 中起填充和骨架作用，玻璃纤维起增强作用。

GRC 英文有两种表述：

表述 1：Glass Fibre Reinforced Cement，翻译成中文是“玻璃纤维增强的水泥”。欧洲标准和塞姆菲尔的技术资料采用如此表述。

表述 2：Glass Fibre Reinforced Concrete，即“玻璃纤维增强的混凝土”。国际 GRC 协会、美国、澳大利亚等国的标准采用如此表述。

也就是说，GRC 是“玻璃纤维增强的水泥”或“玻璃纤维增强的混凝土”的缩写，这两者指同样的东西。

美国人对 Glass Fibre Reinforced Concrete 提取 4 个字母缩写，即 GFRC。一些人误以为砂岩质感的 GRC 叫 GFRC，那是误解。GFRC 与 GRC 是一回事，只不过多提取了一个缩写字头。美国混凝土协会编写的 GFRC 板规范第 1 章中特意说明：GFRC 与 GRC 是同义的。

把 GRC 表述成“玻璃纤维增强的水泥”或“玻璃纤维增强的混凝土”都不太准确。GRC 实质上是“玻璃纤维增强的水泥砂浆”。在 GRC 中，玻璃纤维所增强的既不是净水泥石，也不是含有粗集料的混凝土，而是通常定义为“水泥砂浆”的基材。所谓 GRC 就是在水泥砂浆中掺入了玻璃纤维。

不要小看这些玻璃纤维，它的加入使水泥砂浆基材的性能大大改善，使之具