

UDC

中华人民共和国行业标准

JGJ

JGJ/T 423-2018

备案号 J 2481-2018

P

# 玻璃纤维增强水泥(GRC)建筑应用 技 术 标 准

Technical standard for glass fiber reinforced  
cement (GRC) used on building

2018-02-14 发布

2018-10-01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国行业标准

玻璃纤维增强水泥(GRC)建筑应用  
技 术 标 准

Technical standard for glass fiber reinforced  
cement (GRC) used on building

**JGJ/T 423 - 2018**

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部  
施行日期：2 0 1 8 年 1 0 月 1 日

中国建筑工业出版社

2018 北 京

中华人民共和国行业标准  
**玻璃纤维增强水泥(GRC)建筑应用技术标准**  
Technical standard for glass fiber reinforced  
cement (GRC) used on building  
**JGJ/T 423 - 2018**

\*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京海淀三里河路9号)  
各地新华书店、建筑书店经销  
北京红光制版公司制版  
北京建筑工业印刷厂印刷

\*

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 4 $\frac{1}{4}$  字数: 129 千字

2018年7月第一版 2018年7月第一次印刷

定价: 34.00 元

统一书号: 15112·31450

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

# 中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

第 1842 号

---

## 住房城乡建设部关于发布行业标准 《玻璃纤维增强水泥(GRC)建筑应用 技术标准》的公告

现批准《玻璃纤维增强水泥(GRC)建筑应用技术标准》为行业标准,编号为 JGJ/T 423-2018,自 2018 年 10 月 1 日起实施。

本标准在住房城乡建设部门户网站([www.mohurd.gov.cn](http://www.mohurd.gov.cn))公开,并由住房城乡建设部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部  
2018 年 2 月 14 日

# 前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2015年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标[2014]189号)的要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,参考有关国际标准和国外先进标准,并在广泛征求意见的基础上,编制了本标准。

本标准的主要技术内容是:1.总则;2.术语和符号;3.材料;4.建筑设计;5.结构设计基本规定;6.GRC平板结构设计;7.GRC带肋板结构设计;8.GRC背附钢架板结构设计;9.制作加工;10.安装施工;11.验收;12.维修与保养。

本标准由住房和城乡建设部负责管理,由中国建筑材料科学研究总院负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送中国建筑材料科学研究总院(地址:北京市朝阳区管庄东里1号,邮政编码:100024)。

本标准主编单位:中国建筑材料科学研究总院  
上海建工房产有限公司

本标准参编单位:南京倍立达新材料系统工程股份有限公司  
北京雷诺轻板有限责任公司  
湖南天泽建材有限公司  
北京宝贵石艺科技有限公司  
上海肯特装潢工程有限公司  
矽创(上海)新材料科技股份有限公司  
大连山泰新实业有限公司  
广西青龙化学建材有限公司

成都润科建筑工程有限公司  
北京隆源装饰材料有限公司  
广州市双瑜建筑艺术工程有限公司  
长沙梁氏装饰工程有限公司  
成都金圣实业有限公司  
上海鼎中新材料有限公司  
上海汇辽建筑装饰工程有限公司  
泰孚新材料科技发展（上海）有限公司  
台州亿恒装饰有限公司  
湖北汇尔杰新材料科技股份有限公司  
泰山玻璃纤维有限公司  
安徽华普节能材料股份有限公司  
宁波市轨道交通集团有限公司

本标准主要起草人员：崔琪 李清海 钱进 熊吉如  
雷新忠 车延飞 黄政国 杨小赫  
张朝 岳超 张循 宋敦清  
罗强 秦永超 袁建华 梁金华  
唐纲 矫民 余战进 董大根  
许挺贤 郭清 唐志尧 汤俊怀  
周昌宝 高国庆 张洁龙 尹向红  
本标准主要审查人员：李宏 王培铭 王存贵 费毕刚  
朱松超 霍瑞琴 刘之春 奚飞达  
肖慧 沈春林 贺鸿珠

# 目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	材料	9
3.1	一般规定	9
3.2	金属材料	9
3.3	建筑密封材料	10
3.4	其他材料	10
4	建筑设计	12
4.1	一般规定	12
4.2	性能与检测要求	12
4.3	建筑构造设计	13
4.4	GRC 构件的构造与连接设计	14
4.5	防火与防雷设计	16
5	结构设计基本规定	17
5.1	一般规定	17
5.2	材料力学性能	20
5.3	荷载与作用	24
5.4	作用效应组合	26
5.5	连接设计	28
5.6	承载力极限状态设计	29
5.7	抗裂验算	33
5.8	锚固承载力设计	33
6	GRC 平板结构设计	38

6.1	GRC 平板	38
6.2	横梁	40
6.3	立柱	42
7	GRC 带肋板结构设计	46
7.1	面板	46
7.2	加强肋	47
7.3	极限状态设计	48
8	GRC 背附钢架板结构设计	50
8.1	GRC 面板	50
8.2	背附钢架设计	51
9	制作加工	53
9.1	一般规定	53
9.2	GRC 构件制作	53
9.3	金属构件加工	54
9.4	检验	54
9.5	搬运和堆放	55
10	安装施工	57
10.1	一般规定	57
10.2	运输和现场堆放	57
10.3	施工准备	58
10.4	安装施工	59
10.5	安装质量要求	60
11	验收	62
11.1	一般规定	62
11.2	进场验收	62
11.3	中间验收	63
11.4	竣工验收	63
12	维修与保养	66
12.1	一般规定	66
12.2	检查与维修	66

12.3 清洗和保养 .....	67
附录 A 耐候钢强度设计值 .....	68
附录 B 钢结构连接强度设计值 .....	70
附录 C 预埋件设计 .....	72
附录 D 双向板计算系数 .....	76
附录 E GRC 外墙分项工程验收表 .....	80
本标准用词说明 .....	82
引用标准名录 .....	83
附：条文说明 .....	85

# Contents

1	General Provisions .....	1
2	Terms and Symbols .....	2
2.1	Terms .....	2
2.2	Symbols .....	3
3	Materials .....	9
3.1	General Requirements .....	9
3.2	Metal .....	9
3.3	Sealants .....	10
3.4	Other Materials .....	10
4	Architectural Design .....	12
4.1	General Requirements .....	12
4.2	Performance and Testing Requirements .....	12
4.3	Building Construction Design .....	13
4.4	GRC Element Construction and Connection .....	14
4.5	Fire and Lightning Protection Design .....	16
5	Basic Regulations for Structural Design .....	17
5.1	General Requirements .....	17
5.2	Material Mechanical Properties .....	20
5.3	Load and Effect .....	24
5.4	Effect Combination .....	26
5.5	Fixing Design .....	28
5.6	Load Capacity Limit State Design .....	29
5.7	Crack Resistance Calculation .....	33
5.8	Anchor Capacity Design .....	33
6	Structural Design for GRC Flat Sheet .....	38

6.1	GRC Flat Sheet .....	38
6.2	Beam .....	40
6.3	Column .....	42
7	Structural Design for GRC Ribbed Panel .....	46
7.1	Panel .....	46
7.2	Rib .....	47
7.3	Limit State Design .....	48
8	Structural Design for GRC Stud Frame Panel .....	50
8.1	GRC Panel .....	50
8.2	Stud Frame Panel Design .....	51
9	Manufacturing .....	53
9.1	General Requirements .....	53
9.2	GRC Elements Manufacturing .....	53
9.3	Metal Parts Fabrication .....	54
9.4	Inspection .....	54
9.5	Transportation and Stacking .....	55
10	Installation .....	57
10.1	General Requirements .....	57
10.2	Transportation and Site Stacking .....	57
10.3	Preparation .....	58
10.4	Installation .....	59
10.5	Quality Requirements .....	60
11	Acceptance .....	62
11.1	General Requirements .....	62
11.2	Site Acceptance .....	62
11.3	Intermediate Acceptance .....	63
11.4	Final Acceptance .....	63
12	Servicing and Maintenance .....	66
12.1	General Requirements .....	66
12.2	Inspection and Maintenance .....	66

12.3	Cleaning and Maintenance .....	67
Appendix A	Design Strength of Weathring Steel .....	68
Appendix B	Design Strength of Steel Structure Connection .....	70
Appendix C	Embedded Parts Design .....	72
Appendix D	Two-way Slab Calculation Coefficients .....	76
Appendix E	Acceptance Form for GRC Cladding Panel Itemized Project .....	80
	Explanation of Wording in This Standard .....	82
	List of Quoted Standards .....	83
	Addition: Explanation of Provisions .....	85

# 1 总 则

**1.0.1** 为提高玻璃纤维增强水泥（以下简称 GRC）建筑应用技术水平，促进 GRC 构件在建筑中应用的科学化、规范化，做到技术先进、安全可靠、适用美观和经济合理，保证工程质量，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于 GRC 构件的材料选用、建筑与结构设计、制作加工、安装施工、验收及维修与保养。

**1.0.3** GRC 构件在建筑中的应用除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术 语

#### 2.1.1 玻璃纤维增强水泥 glass fiber reinforced cement

以耐碱玻璃纤维为主要增强材料、水泥为主要胶凝材料、砂子等为集料，并辅以外加剂等组分，制成的纤维增强水泥基材料。简称 GRC。

#### 2.1.2 GRC 构件 GRC element

以 GRC 制成的，用于建筑外围护的构件。包括 GRC 外墙板和 GRC 装饰制品。

#### 2.1.3 GRC 外墙板 GRC cladding panel

以 GRC 制作的，用于建筑外围护的非承重外墙板。包括 GRC 单板和 GRC 复合板，简称 GRC 板。

#### 2.1.4 GRC 装饰制品 GRC decorative products

以 GRC 制作的，用于建筑物外立面檐线、腰线、窗套、门套、山花、装饰柱等特定部位及其他各种装饰造型的构件。

#### 2.1.5 GRC 外墙 GRC exterior wall

由 GRC 构件和支承结构体系组成的，可相对主体结构有一定位移能力、不分担主体结构所受作用的建筑外围护结构或装饰性结构。

#### 2.1.6 GRC 带肋板 GRC ribbed panel

在 GRC 板背面四周或需要加强的部位制作有 GRC 加强肋的 GRC 板。包括 GRC 单层肋板、GRC 夹芯肋板和各种 GRC 装饰构件等。

#### 2.1.7 GRC 背附钢架板 GRC stud frame panel

将 GRC 面板、柔性锚杆（或其他形式的柔性锚固件）和钢框架等在工厂按设计要求一次预制完成的 GRC 板。

### 2.1.8 表面防护材料 surface protection coating

用于改善 GRC 构件表面耐污、防水、耐久性能的材料。

### 2.1.9 柔性锚杆 flex anchor

用来连接 GRC 面板和背附钢架的做成  $90^\circ$  拐弯的钢筋件，通常用来传递横向的风荷载和地震荷载，允许在和面板垂直的方向上有一定的转动自由度。

### 2.1.10 重力锚杆 gravity anchor

连接 GRC 面板和背附钢架的金属件，位置通常靠近 GRC 面板底部，用来承担整个面板的重量。

### 2.1.11 背附钢架 stud frame

具有结构功能的金属框架，通过柔性锚杆和重力锚杆支承 GRC 面板，并与主体结构相连接。

### 2.1.12 粘结盘 bonding pad

为了固定锚固件而在 GRC 结构层上额外堆起的一块 GRC 材料，一般用在背附钢架 GRC 构件上。

### 2.1.13 GRC 标准试件 GRC normative test coupons

采用按标准方法制作的 GRC 试验板，经标准养护或与 GRC 构件同条件下养护至龄期后，在距试验板边缘规定距离以内的中间部位切割成用于不同性能试验且符合相应试验标准尺寸的试件。

## 2.2 符 号

### 2.2.1 材料力学性能

$D$  —— 材料刚度；

$E$  —— 材料弹性模量；

$f$  —— 钢材抗弯强度设计值；

$f_{At,k}$  —— GRC 材料老化后的抗拉强度标准值；

$f_{tk}$  —— GRC 材料抗拉初裂强度标准值；

$f_c$  —— 混凝土轴心抗压强度设计值；

$f_{l,k}$  —— GRC 材料比例极限强度标准值；

- $f_{Mk}$  —— GRC 材料抗弯强度标准值；  
 $f_{sik}$  —— 钢材或普通钢筋抗拉强度标准值；  
 $f_t$  —— 混凝土轴心抗拉强度设计值；  
 $f_{tk}$  —— GRC 材料抗拉强度标准值；  
 $f_v$  —— 钢材抗剪强度设计值；  
 $f_y$  —— 钢筋抗拉强度设计值；  
 $f_{yk}$  —— 钢材或普通钢筋屈服强度标准值；  
 $MOR_A$  —— GRC 材料在自然大气暴露条件下达到设计使用年限后的抗弯强度值；  
 $MOR_E$  —— GRC 材料标准龄期抗弯强度值；  
 $r_g$  —— 材料重力密度。

### 2. 2. 2 作用和作用效应及承载力

- $F_{sd}$  —— GRC 锥体破坏受拉承载力设计值；  
 $F_{sk}$  —— GRC 锥体破坏受拉承载力标准值；  
 $F_t$  —— 单个试件的锚固受拉承载力；  
 $F_k$  —— 锚固受拉承载力标准值；  
 $F_{sd}$  —— 锚栓钢材破坏受拉承载力设计值；  
 $F_{sk}$  —— 锚栓（或锚杆）钢材破坏受拉承载力标准值；  
 $F_{sfb}$  —— GRC 劈裂破坏受拉承载力标准值；  
 $\bar{F}$  —— 该批试件锚固受拉承载力平均值；  
 $G_k$  —— 重力荷载标准值；  
 $M$  —— 弯矩设计值；  
 $M_x$  —— 绕  $x$  轴的弯矩设计值；  
 $M_y$  —— 绕  $y$  轴的弯矩设计值；  
 $N$  —— 轴力设计值；  
 $N_d$  —— 锚固拉力设计值；  
 $N_E$  —— 临界轴压力；  
 $P_{tk}$  —— 平行于 GRC 构件面板平面的集中水平地震作用标准值；  
 $q_{tk}$  —— 垂直于 GRC 构件面板平面的分布水平地震作用标

准值；

- $q_{Gk}$  —— 重力荷载标准值；
- $q_k$  —— 荷载标准值；
- $Q_{ed}$  —— GRC 边缘破坏受剪承载力设计值；
- $Q_{ek}$  —— GRC 边缘破坏受剪承载力标准值；
- $Q_{cik}$  —— GRC 剪撬破坏受剪承载力标准值；
- $Q_i$  —— 单个试件的锚固受剪承载力；
- $Q_{ik}$  —— 锚固受剪承载力标准值；
- $Q_{sd}$  —— 锚栓钢材破坏受剪承载力设计值；
- $Q_{sk}$  —— 锚栓钢材破坏受剪承载力标准值；
- $\bar{Q}$  —— 该批试件锚固受剪承载力平均值；
- $R$  —— 构件抗力或锚固承载力设计值；
- $R_y$  —— GRC 构件抗裂承载力设计值；
- $S$  —— 荷载效应基本组合设计值；
- $S_E$  —— 地震作用效应和其他荷载效应按基本组合的设计值；
- $S_{Ek}$  —— 地震作用效应标准值；
- $S_{Gk}$  —— 永久荷载效应标准值；
- $S_y$  —— 荷载效应按标准组合的设计值；
- $S_{TWk}$  —— 温湿度作用效应标准值；
- $S_{Wk}$  —— 风荷载效应标准值；
- $u$  —— 构件挠度；
- $u_{lim}$  —— 构件挠度限值；
- $V$  —— 剪力设计值；
- $V_d$  —— 锚固剪力设计值；
- $V_x$  ——  $x$  轴方向剪力设计值；
- $V_y$  ——  $y$  轴方向剪力设计值；
- $w_0$  —— 基本风压；
- $w_k$  —— 风荷载标准值；
- $\sigma$  —— 应力设计值；
- $\sigma_0$  —— 重力荷载和风荷载按基本组合或标准组合计算的

GRC 构件截面弯拉应力设计值；

$\sigma_k$  —— 重力荷载或风荷载或地震作用下 GRC 构件截面应力标准值；

$\sigma_{E,k}$  —— 地震作用下 GRC 构件截面应力标准值；

$\sigma_{G,k}$  —— 重力荷载作用下 GRC 构件截面应力标准值；

$\sigma_{W,k}$  —— 风荷载作用下 GRC 构件截面应力标准值；

$\sigma_r$  —— GRC 构件截面抗裂应力设计值；

$\sigma_s$  —— 温湿度效应按基本组合或标准组合计算的 GRC 构件截面轴拉应力设计值；

$\sigma_{ts}$  —— GRC 构件的温度应力参考值；

$\sigma_{sh}$  —— GRC 构件的湿度应力参考值。

### 2.2.3 几何参数

$A$  —— GRC 构件平面面积或型材毛截面面积；

$A_n$  —— 立柱的净截面面积；

$A_s$  —— 锚筋的总截面面积；

$b_f$  —— 截面的翼缘计算宽度；

$d$  —— 直径；

$e$  —— 截面中性轴到受拉区边缘的距离；

$e_o$  —— 按异形截面尺寸计算的中性轴到受拉区边缘的距离；

$h$  —— 厚度；

$l$  —— 跨度；

$l_a$  —— 受拉钢筋锚固长度；

$l_m$  —— 短边净跨；

$l_n$  —— 长边净跨；

$l_x$  —— 短边边长；

$l_y$  —— 长边边长；

$I_x$  —— 绕  $x$  轴的毛截面惯性矩；

$I_y$  —— 绕  $y$  轴的毛截面惯性矩；

$S_x$  —— 横梁截面绕  $x$  轴的毛截面面积矩；

$S_y$  —— 横梁截面绕  $y$  轴的毛截面面积矩；

$t$  —— 钢材或锚板厚度；

$t_x$  —— 横梁截面垂直于  $x$  轴腹板的截面总宽度；

$t_y$  —— 横梁截面垂直于  $y$  轴腹板的截面总宽度；

$W$  —— 毛截面抵抗矩；

$W_{\min}$  —— 最小弹性抵抗矩；

$W_n$  —— 弯矩作用方向的净截面抵抗矩；

$W_{nx}$  —— 绕截面  $x$  轴的净截面抵抗矩；

$W_{ny}$  —— 绕截面  $y$  轴的净截面抵抗矩。

$z$  —— 沿剪力作用方向最外层锚筋中心线之间的距离。

#### 2.2.4 系数及其他

$K$  —— GRC 强度衰减系数；

$k$  —— 地震作用下锚固承载力降低系数；

$m$  —— 弯矩系数；

$m_x$  —— 短边板跨中心点处的弯矩系数；

$m_{x\max}$  —— 短边板跨内最大弯矩系数；

$m'_x$  —— 固定边中点沿  $t_x$  方向的弯矩系数；

$m_y$  —— 长边板跨中心点处的弯矩系数；

$m_{y\max}$  —— 长边板跨内最大弯矩系数；

$n$  —— 样本容量；

$S_V$  —— 该批试件锚固受剪承载力样本方差；

$S_N$  —— 该批试件锚固受拉承载力样本方差；

$t_n$  —— 学生氏函数；

$\nu$  —— 材料泊松比；

$\alpha$  —— 材料的线膨胀系数；

$\alpha_b$  —— 锚板弯曲变形折减系数；

$\alpha_r$  —— 锚筋层数影响系数；

$\alpha_{\max}$  —— 水平地震影响系数最大值；

$\alpha_s$  —— 锚筋的外形系数；

$\alpha_v$  —— 锚筋受剪承载力系数；

$\beta_E$  —— 动力放大系数；

- $\beta_{gz}$  —— 阵风系数；  
 $\gamma$  —— 截面塑性发展系数；  
 $\gamma_0$  —— 构件重要性系数；  
 $\gamma_A$  —— 锚固连接重要性系数；  
 $\gamma_b$  —— GRC 标准试件与 GRC 构件抗弯性能差异系数；  
 $\gamma_{cN}$  —— GRC 锥体破坏受拉承载力分项系数；  
 $\gamma_{cV}$  —— GRC 边缘破坏受剪承载力分项系数；  
 $\gamma_{cpV}$  —— GRC 剪撬破坏受剪承载力分项系数；  
 $\gamma_E$  —— 地震作用分项系数；  
 $\gamma_g$  —— GRC 材料抗裂分项系数；  
 $\gamma_G$  —— 永久荷载分项系数；  
 $\gamma_m$  —— GRC 材料分项系数；  
 $\gamma_R$  —— 锚固承载力分项系数；  
 $\gamma_{RE}$  —— 承载力抗震调整系数；  
 $\gamma_{sN}$  —— 锚栓钢材破坏受拉承载力分项系数；  
 $\gamma_{spN}$  —— GRC 劈裂破坏受拉承载力分项系数；  
 $\gamma_{sV}$  —— 锚栓钢材破坏受剪承载力分项系数；  
 $\gamma_{TM}$  —— 温湿度作用分项系数；  
 $\gamma_W$  —— 风荷载分项系数；  
 $\mu$  —— 挠度系数；  
 $\mu_{\max}$  —— 最大挠度系数；  
 $\mu_{s1}$  —— 风荷载局部体型系数；  
 $\mu_s$  —— 风压高度变化系数；  
 $\lambda$  —— 长细比；  
 $\varphi$  —— 弯矩作用平面内轴心受压的稳定系数；  
 $\psi_E$  —— 地震作用的组合值系数；  
 $\psi_{TM}$  —— 温湿度作用的组合值系数；  
 $\psi_W$  —— 风荷载的组合值系数。

## 3 材 料

### 3.1 一般规定

3.1.1 GRC 外墙材料应满足结构安全性、耐久性和环境保护等要求。

3.1.2 GRC 外墙应采用燃烧性能满足设计要求的材料，并应符合消防规定。

3.1.3 GRC 外墙用原材料，均应具有产品合格证、质量保证书及相关性能检测报告。

3.1.4 GRC 原材料及构件材料性能应符合现行行业标准《玻璃纤维增强水泥外墙板》JC/T 1057 或《玻璃纤维增强水泥(GRC)装饰制品》JC/T 940 的有关规定。

### 3.2 金属材料

3.2.1 GRC 外墙选用的金属支承结构材料应符合现行国家标准《优质碳素结构钢》GB/T 699、《碳素结构钢》GB/T 700 或《铝合金建筑型材》GB/T 5237 的规定。

3.2.2 GRC 背附钢架用轻型钢、结构型钢或铝合金型材预制，其材质应符合国家现行相关标准的规定或设计要求。

3.2.3 紧固件规格应根据计算确定，应具有足够的承载力和可靠性，螺栓、锚栓、铆钉等紧固件应分别符合国家现行有关标准的规定。

3.2.4 GRC 构件中的预埋件应采取防腐处理或采用不锈钢材质，严禁采用预埋钢筋代替预埋件。

3.2.5 焊接材料应符合国家现行相关标准的规定，所选用的焊条型号应与金属结构材料相匹配。

3.2.6 GRC 外墙用钢材必须采取防腐蚀措施，背附钢架及连接

件宜采用整体热浸镀锌，镀锌层厚度应符合设计要求，镀锌质量应符合现行国家标准《金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法》GB/T 13912 的规定，镀锌层破坏后应涂刷富锌涂料。

### 3.3 建筑密封材料

3.3.1 GRC 外墙用建筑密封材料应符合国家现行相关标准的规定及设计要求。

3.3.2 结构密封胶应符合现行国家标准《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776 的规定；建筑密封胶应符合国家现行标准《硅酮和改性硅酮建筑密封胶》GB/T 14683、《混凝土接缝用建筑密封胶》JC/T 881、《石材用建筑密封胶》GB/T 23261 或《聚氨酯建筑密封胶》JC/T 482 的规定。密封胶条应符合国家现行相关标准的规定。

3.3.3 在使用密封胶时，应符合材料制造商关于产品使用及接缝尺寸限制书面说明的要求。

3.3.4 GRC 外墙中采用密封胶时，应符合下列规定：

1 密封胶应与 GRC 面板材料具有良好的相容性，并不应产生影响饰面效果的污染；

2 建筑密封胶应能抵抗的接缝位移不超过接缝宽度的  $\pm 25\%$ 。

### 3.4 其他材料

3.4.1 GRC 外墙用表面防护材料应符合国家现行有关产品标准的规定及设计要求。宜选用混凝土专用防护剂，防水性应大于 50%，耐污染等级应达到 1 级。

3.4.2 GRC 外墙用保温材料应符合国家现行有关标准的规定及设计要求。在设计及制作 GRC 构件时，可将聚苯板、岩棉、玻璃棉、泡沫玻璃等保温材料复合在 GRC 面板中，形成复合保温一体化产品；加入其他隔声、隔热或加强作用的各种填充材料应

符合国家相关标准和设计要求。

**3.4.3** GRC 外墙用锚固胶性能应符合现行行业标准《混凝土结构工程用锚固胶》JG/T 340 的规定。

## 4 建筑设计

### 4.1 一般规定

- 4.1.1 GRC外墙建筑设计应根据建筑物的使用功能、周围环境、建筑设计要求、技术经济分析,合理选择确定。
- 4.1.2 GRC外墙的空间形状、表面造型、质感及色彩等应符合建筑立面设计要求,还应与制造工艺水平相适应。
- 4.1.3 GRC外墙的分格尺寸、建筑构造、接缝与连接等应满足建筑设计的要求。
- 4.1.4 GRC外墙设计应对GRC构件表面提出防护处理要求。
- 4.1.5 GRC外墙设计应便于维护、清洁和更换。

### 4.2 性能与检测要求

- 4.2.1 GRC外墙性能设计应根据建筑物的类别、高度、体型和建筑物所在地的地理、气候、环境等条件综合分析确定。
- 4.2.2 GRC外墙抗风压性能应满足在风荷载标准值作用下,其变形不超过本标准规定值,且不发生任何损坏。
- 4.2.3 GRC外墙及其围护结构的气密性能指标不应大于 $1.2\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ,并应符合相关建筑节能设计标准的要求。
- 4.2.4 GRC外墙的水密性能应符合设计要求。
- 4.2.5 GRC外墙的平面内变形性能设计应符合下列规定:
  - 1 当进行非抗震设计时,应按主体结构弹性层间位移角限值确定;
  - 2 当进行抗震设计时,应按主体结构弹性层间位移角限值的3倍确定。
- 4.2.6 GRC外墙及其围护结构的传热系数应按现行国家标准《民用建筑热工设计规范》GB 50176的规定确定,并应满足国家

现行标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189、《居住建筑节能检测标准》JGJ/T 132、《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134、《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26 或《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75 的要求。

**4.2.7** GRC 外墙耐撞击性能应满足设计要求。人员流动密度大或青少年、幼儿活动的公共建筑的 GRC 外墙，耐撞击性能指标不应低于现行国家标准《建筑幕墙》GB/T 21086 的有关规定。

**4.2.8** GRC 构件应能承受自重和设计要求的附件重量，并能可靠地传递到主体结构。在自重标准值作用下，水平受力构件在单块面板两端跨距内的最大挠度不应超过该面板两端跨距的  $l/500$ 。

**4.2.9** GRC 外墙及其围护结构的隔声性能设计应根据建筑物的使用功能和环境条件设计确定。

**4.2.10** GRC 外墙的性能检测项目，应包括抗风压性能，必要时可增加平面内变形和其他性能检测。

**4.2.11** GRC 外墙的性能检测，试件的材质、构造、安装施工方法应与实际工程相同。

**4.2.12** GRC 外墙性能检测中，当安装缺陷使某项性能未达到规定要求时，可在改进安装工艺，修补缺陷后重新进行检测。检测报告中应包括改进内容，施工时应按改进后的安装工艺实施；当设计或材料缺陷导致外墙性能检测未达到规定值域时，应停止检测，修改设计或更换材料后，方可重新制作试件，另行检测。

### 4.3 建筑构造设计

**4.3.1** GRC 外墙的建筑构造设计，应满足安全、适用、绿色、美观的原则，还应便于制作、安装、维修保养和局部更换。

**4.3.2** GRC 外墙工程应选用具有防潮性能或采取隔汽、防潮构造措施的保温材料。保温材料应符合国家现行防火相关标准的规定。

**4.3.3** GRC 外墙工程设计，应有防止雨水渗入保温层内的构造

措施；对于檐口、阳台及其他凸出部位，应有雨水导排措施。

**4.3.4** GRC 构件连接部位应有防止构件间摩擦产生噪声的措施。

**4.3.5** 不同金属材料相接触部位，应设置绝缘衬垫或采取其他有效的防腐措施。

**4.3.6** GRC 外墙的立面分格尺寸应根据建筑物的设计风格、GRC 构件的自身特点以及构件的制造成本、运输安装条件等因素综合确定。

**4.3.7** GRC 构件的接缝宽度应能满足自身的变形和位移要求。

#### **4.4 GRC 构件的构造与连接设计**

**4.4.1** GRC 平板构造应符合下列规定：

1 GRC 平板厚度不宜小于 25mm；高层建筑、重要建筑及临街建筑的 GRC 平板厚度不宜小于 30mm；

2 采用四点支承的单块 GRC 平板的面积不宜大于  $1.0\text{m}^2$ ；

3 GRC 平板的锚固构造可采用预埋方式或后锚固方式，且其有效锚固深度不应小于板厚的  $1/2$ 。当采用后锚固方式时，应采用背栓或短槽后置挂件等锚固形式，且锚固件与 GRC 板在锚固处应采用锚固胶胶接处理；

4 GRC 平板边缘与支承点间的距离应小于支承间距的  $1/2$ ，且应大于 85mm；

5 采用短槽后置挂件锚固连接的 GRC 平板，其平板外墙高度不宜大于 24m。

**4.4.2** GRC 带肋板的结构构造应符合下列规定：

1 GRC 带肋板的面板厚度不应小于 10mm；

2 GRC 带肋板肋的截面尺寸应按结构计算确定。当采用单层肋截面时，肋高不应小于 30mm，肋厚不应小于 20mm；当采用夹芯肋时，肋高不应小于 60mm，肋截面厚度不应小于 10mm。

**4.4.3** GRC 带肋板的其他构造设计宜符合下列规定：

1 板面最大尺寸不宜大于 4500mm；

2 板肋的跨高比不宜小于 16。

#### 4.4.4 GRC 背附钢架板的构造要求应符合下列规定：

1 GRC 面板厚度应按结构计算确定，且厚度不应小于 10mm；GRC 面板的支承间距应按结构计算确定；面板边缘与相邻支承点间的间距应小于支承间距的 1/2；面板边缘应制作具有足够抵抗板边变形的加强肋；

2 背附钢架的龙骨间距应与面板支承间距一致，龙骨截面尺寸应按结构计算确定；

3 GRC 面板与背附钢架应采用柔性锚杆连接，其连接构造应能保证面板受到的垂直于板面的荷载可靠地传递到背附钢架上，且使面板与背附钢架沿平行于板面方向具有满足设计要求的相对位移能力；

4 GRC 面板与背附钢架间应设置重力锚杆。重力锚杆的连接构造应能使 GRC 面板自重可靠地传递到背附钢架上；重力锚杆的数量应由结构计算确定，但不应少于柔性锚杆的列数。

#### 4.4.5 对于地震设防地区，当对 GRC 背附钢架板有抗震锚固构造设计要求时，抗震锚固构造设计应符合下列规定：

1 抗震锚固件应设置于面板的重心位置；

2 抗震锚固件沿水平方向应能承受面内水平地震作用；沿垂直方向应具有足够的相对于主体结构的位移能力；

3 抗震锚固的构造尺寸应按锚固抗剪试验实测确定。

#### 4.4.6 GRC 构件与主体结构或支承结构应采用柔性连接，且应符合下列规定：

1 对主体结构允许误差、GRC 构件制作误差及施工安装误差等应具有三维可调适应能力；对于双曲面异形板，还应具有多自由度可调适应能力；

2 对 GRC 构件与主体结构间因温湿度作用产生的相对变形或位移应具有适应能力；且应将这种温湿度作用在 GRC 构件内产生的应力控制在设计允许的范围内；

3 应满足 GRC 构件平面内变形性能的要求。

## 4.5 防火与防雷设计

**4.5.1** GRC 外墙工程的防火设计应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定。

**4.5.2** GRC 构件与周边防火分隔构件间的缝隙和与实体墙面洞口边缘间的缝隙，应进行防火封堵设计。

**4.5.3** GRC 外墙工程的防火封堵构造系统，在正常使用条件下，应具有伸缩变形能力、密封性和耐久性；遇火状态下，应在规定的耐火极限内，不发生开裂或脱落。

**4.5.4** GRC 外墙工程防火封堵构造系统的填充料及其保护性面层材料，应采用不燃烧材料。

**4.5.5** GRC 构件与各层楼板、隔墙外沿间的缝隙应进行防火封堵设计。当采用岩棉封堵时，其厚度不应小于 100mm，并应填充密实；楼层间水平防烟带的岩棉宜采用厚度不小于 1.5mm 的镀锌钢板或者不锈钢板承托；承托板与主体结构、外墙结构及承托板之间的缝隙宜填充防火密封材料。

**4.5.6** 同一件 GRC 构件，不宜跨越建筑物的两个防火分区。

**4.5.7** GRC 外墙工程的防雷设计应符合国家现行标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 和《民用建筑电气设计规范》JGJ 16 的有关规定。外墙的金属框架应与主体结构的防雷体系可靠连接，连接部位应清除非导电保护层。

## 5 结构设计基本规定

### 5.1 一般规定

5.1.1 GRC 外墙应按围护结构设计，应具有足够的承载力、抗裂性、刚度、稳定性和相对于主体结构的位移能力。

5.1.2 GRC 构件与主体结构应采用柔性连接。当采用螺栓连接时，应有可靠的防松、防滑措施；当采用短槽后置挂件连接时，应有可靠的防脱、防滑措施。

5.1.3 GRC 外墙结构设计应按弹性方法计算作用效应，并按本标准第 5.4 节的规定进行作用效应组合。作用效应应符合下列规定：

1 非抗震设计时，应计算重力荷载、风荷载和温湿度作用效应；

2 抗震设计时，应计算重力荷载、风荷载、地震作用效应和温湿度作用效应。

5.1.4 GRC 构件结构设计尚应分别计算生产、施工阶段的作用效应，并应分别进行作用效应组合。

5.1.5 GRC 外墙结构构件应按各效应组合中的最不利组合进行设计。

5.1.6 对于承载力极限状态，GRC 外墙结构构件应按下列规定验算承载力：

1 无地震作用效应组合时，承载力应符合下式要求：

$$\gamma_0 S \leq R \quad (5.1.6-1)$$

2 有地震作用效应组合时，承载力应符合下式要求：

$$S_E \leq \frac{R}{\gamma_{RE}} \quad (5.1.6-2)$$

式中：S —— 荷载效应按基本组合的设计值；

$S_E$  ——地震作用效应和其他荷载效应按基本组合的设计值；

$R$  ——GRC 构件及其他结构构件的抗力设计值；

$\gamma_0$  ——GRC 构件及其他结构构件重要性系数，取不小于 1.0；

$\gamma_{RE}$  ——GRC 构件及其他结构构件承载力抗震调整系数，取 1.0。

**5.1.7** 对于正常使用极限状态，荷载应按标准组合，GRC 构件应验算抗裂承载力和挠度，其他结构构件应验算挠度，并应符合下列规定：

1 GRC 构件抗裂承载力应符合下式要求：

$$S_\gamma \leq R_\gamma \quad (5.1.7-1)$$

式中： $S_\gamma$  ——荷载效应按标准组合的设计值；

$R_\gamma$  ——GRC 构件抗裂承载力设计值。

2 GRC 构件或其他结构构件的挠度应符合下式要求：

$$u \leq u_{\lim} \quad (5.1.7-2)$$

式中： $u$  ——GRC 构件或其他结构构件在风荷载标准值作用下或在风荷载标准值与永久荷载标准值共同作用下产生的挠度值；

$u_{\lim}$  ——GRC 构件或其他结构构件的挠度限值。

3 双向受弯的杆件，两个方向的挠度应分别符合公式 (5.1.7-2) 的规定。

**5.1.8** 根据锚固连接破坏后果的严重程度，GRC 构件的预埋锚固设计或后锚固设计应按本标准表 5.1.8 的规定确定相应的安全等级，且不应低于 GRC 构件自身的安全等级。

表 5.1.8 预埋锚固连接与后锚固连接的安全等级

安全等级	破坏后果	锚固类型
一级	很严重	重要的锚固
二级	严重	一般的锚固

**5.1.9** GRC 构件预埋锚固连接或后锚固连接的承载力应按下列规定验算：

1 无地震作用效应组合，预埋锚固连接或后锚固连接的承载力应符合下式要求：

$$\gamma_{\Lambda} S \leq R \quad (5.1.9-1)$$

2 有地震作用效应组合，预埋锚固连接和后锚固连接的承载力应分别符合下列公式要求：

预埋锚固连接：

$$\gamma_{\Lambda} S \leq R / \gamma_{RE} \quad (5.1.9-2)$$

后锚固连接：

$$\gamma_{\Lambda} S \leq kR / \gamma_{RE} \quad (5.1.9-3)$$

式中： $\gamma_{\Lambda}$ ——预埋锚固连接或后锚固连接重要性系数，对一级、二级的锚固安全等级，分别取 1.2、1.1，且  $\gamma_{\Lambda} \geq \gamma_0$ ；对有地震作用效应组合取 1.0；

$S$ ——无地震作用效应或有地震作用效应的基本组合设计值，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 和《建筑抗震设计规范》GB 50011 的规定进行计算；

$R$ ——锚固承载力设计值；

$k$ ——地震作用下锚固承载力降低系数，按表 5.1.9 确定；

$\gamma_{RE}$ ——锚固承载力抗震调整系数，取 1.0。

**表 5.1.9 地震作用下锚固承载力降低系数  $k$**

受力性质			受拉	受剪
破坏形态及锚栓类型				
锚栓或植筋钢材破坏			1.0	1.0
GRC 破坏	机械锚栓	扩底型锚栓	0.8	0.7
		膨胀型锚栓	0.7	0.6
	化学锚栓	特殊倒锥形锚栓	0.8	0.7
		普通化学锚栓	0.7	0.6
混合破坏	普通化学锚栓		0.7	—

5.1.10 GRC 构件的结构设计也可采用有限元法进行计算。

## 5.2 材料力学性能

5.2.1 钢材的强度设计值应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定采用，也可按表 5.2.1-1 采用；锚栓的性能等级应按所用钢材的抗拉强度标准值  $f_{sk}$  及屈服比  $f_{yk}/f_{sk}$  确定，相应性能指标应按表 5.2.1-2 采用；普通钢筋的屈服强度值  $f_{yk}$ 、极限强度标准值  $f_{sk}$  应按表 5.2.1-3 采用。

表 5.2.1-1 钢材的强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

钢材牌号	厚度或直径 $d$ (mm)	抗拉、抗压、抗弯	抗剪	端面承压
Q235	$d \leq 16$	215	125	325
	$16 < d \leq 40$	205	120	
	$40 < d \leq 60$	200	115	
Q345	$d \leq 16$	310	180	400
	$16 < d \leq 35$	295	170	
	$35 < d \leq 50$	265	155	

注：表中厚度是指计算点的钢材厚度；对轴心受力构件是指截面中较厚板件的厚度。

表 5.2.1-2 碳素钢及合金钢锚栓的性能指标

性能等级		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8
抗拉强度 标准值	$f_{sk}$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	300	400		500		600	800
屈服强度 标准值	$f_{yk}$ 或 $f_{0.2k}$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	180	240	320	300	400	480	640
伸长率	$\delta_5$ (%)	25	22	14	20	10	8	12

注：1 性能等级 3.6 表示： $f_{sk} = 300 \text{ N}/\text{mm}^2$ ， $f_{yk}/f_{sk} = 0.6$ ；

2 伸长率  $\delta_5$  表示：试样的标距等于 10 倍直径时的伸长率。

表 5.2.1-3 普通钢筋强度标准值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )

牌号	公称直径 $d$ (mm)	屈服强度标准值 $f_{yk}$	极限强度标准值 $f_{stk}$
HPB300	6~22	300	420
HRB335 HRBF335	6~50	335	455
HRB400 HRBF400 RRB400	6~50	400	540
HRB500 HRBF500	6~50	500	630

5.2.2 不锈钢的抗拉、抗压强度设计值应按其屈服强度标准值  $\sigma_{0.2}$  除以系数 1.15 采用，其抗剪强度设计值可按其抗拉强度设计值的 0.58 倍采用；不锈钢锚栓的性能等级应按所用钢材的抗拉强度标准值  $f_{stk}$  及屈服强度标准值  $f_{yk}$  确定，相应性能指标应按表 5.2.2 采用。

表 5.2.2 奥氏体不锈钢锚栓的性能指标

性能等级	螺纹直径 $d$ (mm)	抗拉强度标准值 $f_{stk}$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	屈服强度标准值 $f_{yk}$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	伸长值 $\delta$
50	$\leq 39$	500	210	$0.6d$
70	$\leq 24$	700	350	$0.4d$
80	$\leq 24$	800	600	$0.3d$

注： $d$  为锚栓公称直径。

5.2.3 铝合金型材的强度设计值应按表 5.2.3 采用。

表 5.2.3 铝合金型材的强度设计值 ( $N/mm^2$ )

铝合金材料			用于构件计算		用于焊接连接计算	
牌号	状态	厚度 (mm)	抗拉、抗压和抗弯	抗剪	焊件热影响区抗拉、抗压和抗弯	焊件热影响区抗剪
6061	T4	所有	90	55	140	80
	T6	所有	200	115	100	60
6063	T5	所有	90	55	60	35
	T6	所有	150	85	80	45
6063A	T5	$\leq 10$	135	75	75	45
		$> 10$	125	70	70	40
	T6	$\leq 10$	160	90	90	50
		$> 10$	150	85	85	50
5083	O/F	所有	90	55	210	120
	H112	所有	90	55	170	95
3003	H24	$\leq 4$	100	60	20	10
3004	H34	$\leq 4$	145	85	35	20
	H36	$\leq 3$	160	95	40	20

5.2.4 耐候钢强度设计值应按本标准附录 A 取值。

5.2.5 钢结构连接强度设计值应按本标准附录 B 取值。

5.2.6 GRC 材料强度等级应按 GRC 材料抗弯强度标准值确定。

GRC 材料抗弯强度标准值 ( $f_{Mk}$ ) 和比例极限强度标准值 ( $f_{Lk}$ ) 应按表 5.2.6 采用。

表 5.2.6 GRC 材料强度标准值 ( $N/mm^2$ )

强度种类	强度等级			
	8	10	15	18
$f_{Lk}$	5	6	6	7
$f_{Mk}$	8	10	15	18

5.2.7 GRC 材料的抗拉强度标准值 ( $f_{Lk}$ ) 和抗拉初裂强度标

准值 ( $f_{1k}$ ) 按下列公式计算:

$$f_{Uk} = 0.4f_{Mk} \quad (5.2.7-1)$$

$$f_{1k} = f_{1k}/1.5 \quad (5.2.7-2)$$

式中:  $f_{Uk}$ ——GRC 材料抗拉强度标准值 ( $N/mm^2$ );

$f_{Mk}$ ——GRC 材料抗弯强度标准值 ( $N/mm^2$ );

$f_{1k}$ ——GRC 材料抗拉初裂强度标准值 ( $N/mm^2$ );

$f_{1k}$ ——GRC 材料比例极限强度标准值 ( $N/mm^2$ )。

**5.2.8** GRC 及其他材料的弹性模量可按表 5.2.8 的规定采用。

表 5.2.8 材料的弹性模量  $E$  ( $N/mm^2$ )

材料	$E$
GRC	$2.0 \times 10^4$
铝合金	$0.70 \times 10^5$
钢、不锈钢 (不含锚栓、螺杆)	$2.06 \times 10^5$
锚栓、螺杆	$2.0 \times 10^5$

**5.2.9** GRC 及其他材料的泊松比可按表 5.2.9 的规定采用。

表 5.2.9 材料的泊松比  $\nu$

材料	$\nu$
GRC	0.24
铝合金	0.30
钢、不锈钢	0.30

**5.2.10** GRC 及其他材料的线膨胀系数可按表 5.2.10 的规定采用。

表 5.2.10 材料的线膨胀系数  $\alpha$  ( $1/^\circ C$ )

材料	$\alpha$
GRC	$(1.0 \sim 1.5) \times 10^{-5}$
铝合金	$2.40 \times 10^{-5}$
钢材	$1.20 \times 10^{-5}$

续表 5.2.10

材料	$\alpha$
砖砌体	$0.50 \times 10^{-3}$
不锈钢板	$1.60 \times 10^{-3}$
混凝土	$1.00 \times 10^{-3}$

### 5.3 荷载与作用

5.3.1 GRC 及其他材料的重力密度标准值可按表 5.3.1 的规定采用。

表 5.3.1 材料的重力密度  $r_k$  ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )

材料	$r_k$
GRC	18~20
钢材	78.5
铝合金	28.0
玻璃棉	0.5~1.0
岩棉	0.5~2.5

5.3.2 GRC 构件的风荷载标准值应按下式计算，并且不应小于  $1.0 \text{kN}/\text{m}^2$ ：

$$w_k = \beta_{gz} \mu_{s1} \mu_{sz} w_0 \quad (5.3.2)$$

式中： $w_k$ ——风荷载标准值 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )；

$\beta_{gz}$ ——阵风系数，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定确定；

$\mu_{s1}$ ——风荷载局部体型系数，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定确定；

$\mu_{sz}$ ——风压高度变化系数，按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定确定；

$w_0$ ——基本风压 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )，按现行国家标准《建筑结构

荷载规范》GB 50009 的规定确定。

**5.3.3** 当 GRC 构件安装高度大于 200m 或体型、风荷载环境复杂时，宜进行风洞试验确定风荷载。

**5.3.4** 垂直于 GRC 构件面板平面的分布水平地震作用标准值可按式计算：

$$q_{E_k} = \beta_E \alpha_{\max} G_k / A \quad (5.3.4)$$

式中： $q_{E_k}$  ——垂直于 GRC 构件面板平面的分布水平地震作用标准值 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )；

$\beta_E$  ——动力放大系数，可取 5.0；

$\alpha_{\max}$  ——水平地震影响系数最大值，应按表 5.3.4 确定；

$G_k$  ——GRC 构件（包括 GRC 构件和钢架）的重力荷载标准值 ( $\text{kN}$ )；

$A$  ——GRC 构件平面面积 ( $\text{m}^2$ )。

表 5.3.4 水平地震影响系数最大值  $\alpha_{\max}$

抗震设防烈度	6 度	7 度	8 度
$\alpha_{\max}$	0.04	0.08(0.12)	0.16(0.24)

注：7、8 度时括号内数值分别用于设计基本地震加速度为 0.15g 和 0.30g 的地区。

**5.3.5** 平行于 GRC 构件面板平面的集中水平地震作用标准值可按式计算：

$$P_{E_k} = \beta_E \alpha_{\max} G_k \quad (5.3.5)$$

式中： $P_{E_k}$  ——平行于 GRC 构件面板平面的集中水平地震作用标准值 ( $\text{kN}$ )。

**5.3.6** GRC 构件的支承结构以及连接件、锚固件所承受的地震作用标准值，应包括 GRC 构件传来的地震作用标准值和其自身重力荷载标准值产生的地震作用标准值。

**5.3.7** GRC 构件的温度应力宜根据支承约束情况按表 5.3.7 确定。

表 5.3.7 GRC 构件的温度应力值  $\sigma_{ts}$  (N/mm<sup>2</sup>)

环境条件	抗拉面	温度梯度 (°C)	$\sigma_{ts}$
冬季	潮湿	5	0.4~0.8
		10	0.9~1.7
		15	1.4~2.5
夏季	干燥	5	0.2~0.5
		10	0.4~0.9
		15	0.6~1.3
		20	0.8~1.8

5.3.8 GRC 构件的湿度应力宜根据支承结构的约束情况按表 5.3.8 确定。

表 5.3.8 GRC 构件的湿度应力值  $\sigma_{sh}$  (N/mm<sup>2</sup>)

完全限制	短期	全部使用期
室内	1.3~1.8	0.7~0.9
室外	1.0~1.5	0.5~0.8

## 5.4 作用效应组合

5.4.1 GRC 外墙结构构件、预埋件、连接件按承载力极限状态设计时,沿垂直于板面方向的荷载与作用效应按下列规定进行组合:

- 1 无地震作用效应组合时,应按下式进行:

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \psi_W \gamma_W S_{Wk} + \psi_{TM} \gamma_{TM} S_{TMk} \quad (5.4.1-1)$$

- 2 有地震作用效应组合时,应按下式进行:

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \psi_W \gamma_W S_{Wk} + \psi_E \gamma_E S_{Ek} + \psi_{TM} \gamma_{TM} S_{TMk} \quad (5.4.1-2)$$

式中:  $S$  ——荷载和作用效应按基本组合的设计值;

$S_{Gk}$  ——永久荷载效应标准值;

$S_{Wk}$ 、 $S_{Ek}$ 、 $S_{TMk}$  ——分别为风荷载、地震作用和温湿度作用效

应标准值（按不同的组合情况，三者分别作为第一个、第二个和第三个可变荷载和作用效应）；

$\gamma_G$ 、 $\gamma_W$ 、 $\gamma_E$ 、 $\gamma_{TM}$  ——各荷载和作用的分项系数，按本标准第 5.4.3 条的规定取值；

$\psi_W$ 、 $\psi_E$ 、 $\psi_{TM}$  ——分别为风荷载、地震作用和温湿度作用的组合值系数，按本标准第 5.4.4 条的规定取值。

**5.4.2** GRC 构件应按荷载和作用效应的最不利组合进行设计。

**5.4.3** 荷载和作用的分项系数应按下列规定确定：

- 1 永久荷载分项系数  $\gamma_G$ ：当其效应对结构不利时，应取 1.2；当其效应对结构有利时，应取 1.0；
- 2 风荷载分项系数  $\gamma_W$  应取 1.4；
- 3 地震作用分项系数  $\gamma_E$  应取 1.3；
- 4 温湿度作用分项系数  $\gamma_{TM}$  应取 1.2。

**5.4.4** 当有两个及两个以上可变荷载或作用（风荷载、地震作用和温湿度作用）效应参与组合时，第一个可变荷载或作用效应的组合值系数可取 1.0；第二个可变荷载或作用效应的组合值系数可取 0.6；第三个可变荷载或作用效应的组合值系数可取 0.2。

**5.4.5** 对于水平安装或水平倒挂的 GRC 构件，可不考虑地震作用效应的组合。

**5.4.6** 当 GRC 构件进行抗裂验算时，其荷载与作用效应组合应按标准组合，并按下列规定计算：

1 对于 GRC 竖直外墙，沿垂直于板面方向的荷载与作用效应组合应按下列公式计算：

$$S = \gamma_W S_{Wk} + \gamma_{TM} S_{TMk} \quad (5.4.6-1)$$

2 对于倾斜安装的 GRC 外墙，沿垂直于板面方向的荷载与作用效应组合应按下列公式计算：

当重力荷载对结构有利时：

$$S = \gamma_W S_{Wk} + \gamma_{TM} S_{TMk} \quad (5.4.6-2)$$

当重力荷载对结构不利时：

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_W S_{Wk} + \gamma_{TM} S_{TMk} \quad (5.4.6-3)$$

式中：  $S$ ——荷载与作用按标准组合设计值；

$S_{Gk}$ 、 $S_{Wk}$ 、 $S_{TMk}$ ——分别为重力荷载、风荷载、温湿度作用效应标准值；

$\gamma_G$ 、 $\gamma_W$ 、 $\gamma_{TM}$ ——分别为重力荷载、风荷载和温湿度作用效应的分项系数，取 1.0。

**5.4.7** GRC 构件及其他结构构件进行挠度验算时，其荷载与作用效应按标准组合，且应符合下列规定：

1 对于 GRC 竖直外墙，GRC 构件及其支承结构沿垂直于板面方向的荷载与作用效应组合值应按下列式计算：

$$S = \gamma_W S_{Wk} \quad (5.4.7-1)$$

2 对于倾斜安装的 GRC 外墙，GRC 构件及其支承结构沿垂直于板面方向的荷载与作用效应组合值应按下列公式计算：

当重力荷载对结构有利时：

$$S = \gamma_W S_{Wk} \quad (5.4.7-2)$$

当重力荷载对结构不利时：

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_W S_{Wk} \quad (5.4.7-3)$$

式中：  $S$ ——荷载与作用按标准组合设计值；

$S_{Gk}$ 、 $S_{Wk}$ ——分别为重力荷载、风荷载标准值；

$\gamma_G$ 、 $\gamma_W$ ——分别为重力荷载、风荷载的分项系数，取 1.0。

## 5.5 连接设计

**5.5.1** 主体结构或结构构件，应能承受 GRC 构件传递的荷载和作用。连接件与主体结构的锚固承载力设计值应大于连接件本身的承载力设计值。

**5.5.2** GRC 构件与主体结构的连接应进行承载力设计，其支承结构连接处的连接件、焊缝、螺栓等设计，应符合国家现行标准

《钢结构设计标准》GB 50017、《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99 和《铝合金结构设计规范》GB 50429 的有关规定。连接处的受力螺栓不应少于 2 个。

**5.5.3** GRC 构件与支承结构或主体结构连接时，其自重应支承在其下部连接节点上，否则应进行抗拉承载力和开裂验算。

**5.5.4** 当 GRC 外墙采用立柱、横梁等组成的支承结构时，其立柱宜悬挂在主体结构上。

**5.5.5** GRC 构件与主体混凝土结构应通过预埋件连接，预埋件应在主体结构混凝土施工时埋入，预埋件的位置应准确；当没有条件采用预埋件连接时，应采用其他可靠的连接措施，并应通过试验确定其承载力。

**5.5.6** 由锚板和对称配置的锚固钢筋所组成的受力预埋件设计，可按本标准附录 C 确定。

**5.5.7** 槽式预埋件的预埋钢板及其他连接措施，应按现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的规定确定，并宜通过试验确认其承载力。

**5.5.8** GRC 构件支承结构与主体结构的后锚固连接设计，应按现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的规定确定，并应进行承载力现场试验。

**5.5.9** GRC 构件与砌体结构连接时，宜在连接部位的主体结构上增设钢筋混凝土或钢结构梁、柱等支承结构。轻质填充墙不应作为 GRC 构件的支承结构。

## 5.6 承载力极限状态设计

**5.6.1** 对于风荷载控制的基本组合，GRC 构件截面应力设计值验算应符合下列公式要求：

$$\gamma_{1i}\sigma \leq \frac{K f_{Mk}}{\gamma_m \gamma_{1i}} \quad (5.6.1-1)$$

$$K = \frac{MOR_{\Delta}}{MOR_E} \quad \left( \frac{f_{1k}}{f_{Mk}} \leq K \leq 1 \right) \quad (5.6.1-2)$$

当缺乏 GRC 老化试验数据时, GRC 构件的截面应力设计值验算应符合下式要求:

$$\gamma_0 \sigma \leq \frac{f_{1,k}}{\gamma_m \gamma_b} \quad (5.6.1-3)$$

式中:  $\gamma_0$  —— 构件重要性系数,  $\gamma_0 \leq 1.0$ ; 对于抗震设计, 不考虑构件的重要性系数;

$\sigma$  —— 按基本组合, GRC 板截面应力设计值;

$f_{Mk}$  —— GRC 材料抗弯强度标准值;

$K$  —— GRC 强度衰减系数;

$\gamma_m$  —— GRC 材料分项系数, 取 1.4;

$\gamma_b$  —— GRC 标准试件与 GRC 构件抗弯性能差异系数, 按本标准第 5.6.2 条的规定采用;

$MOR_A$  —— GRC 材料在自然大气暴露条件下设计使用年限后的抗弯强度值;

$MOR_E$  —— GRC 材料标准龄期抗弯强度值;

$f_{1,k}$  —— GRC 材料比例极限强度标准值。

**5.6.2** GRC 标准试件与 GRC 构件抗弯性能差异系数  $\gamma_b$  应符合下列规定:

1 GRC 标准试件与矩形截面 GRC 构件的抗弯性能差异系数  $\gamma_b$  应按表 5.6.2-1 确定。

**表 5.6.2-1 GRC 标准试件与矩形截面 GRC 构件的  
抗弯性能差异系数  $\gamma_b$**

板厚 $h$ (mm)	6~10	12~16	20	40	60	100	200	300
$\gamma_b$	1.0	1.05	1.08	1.15	1.2	1.25	1.37	1.5

2 GRC 标准试件与倒 L 形、箱形带翼缘截面 (图 5.6.2-1) GRC 构件的抗弯性能差异系数  $\gamma_b$  应根据其截面中性轴到受拉区边缘的距离  $e$  按表 5.6.2-2 确定。

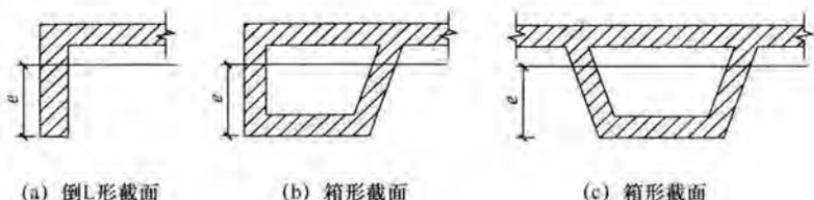


图 5.6.2-1 GRC 构件的倒 L 形、箱形带翼缘的截面示意

表 5.6.2-2 GRC 标准试件与异形截面、复合受力状态 GRC 构件的抗弯性能差异系数  $\gamma_b$

$e$ (mm)	3~5	6~8	10	20	30	50	100	150
$\gamma_b$	1.0	1.05	1.08	1.15	1.2	1.25	1.37	1.5

3 矩形截面 GRC 构件在弯拉应力与轴拉应力复合状态下, 截面中性轴到受拉区边缘的距离  $e$  (图 5.6.2-2) 应按下式计算, GRC 标准试件与矩形截面 GRC 构件的抗弯性能差异系数  $\gamma_b$  应按表 5.6.2-2 确定。

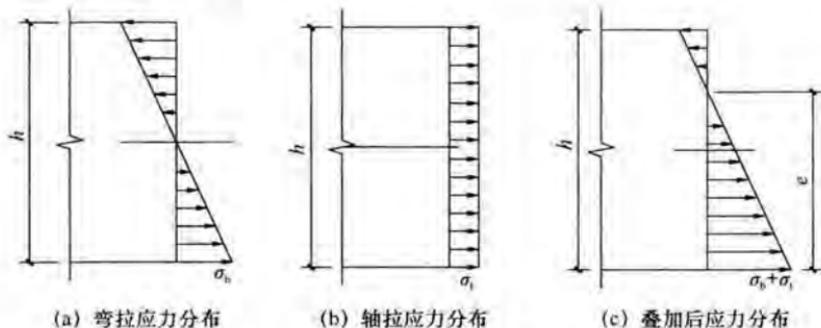


图 5.6.2-2 弯拉应力与轴拉应力状态下的截面应力分布

$$e = \frac{0.5h\sigma}{\sigma_b} \quad (5.6.2-1)$$

式中:  $e$ ——荷载按基本组合或标准组合计算的弯拉应力和轴拉应力叠加后, 截面中性轴到受拉区边缘的距离 (mm);  
 $\sigma$ ——重力荷载、风荷载和温湿度作用按基本组合或标准组合计算的 GRC 构件截面应力设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ );

$\sigma_0$  ——重力荷载和风荷载按基本组合或标准组合计算的 GRC 构件截面弯拉应力设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )；

$h$  ——GRC 构件面板厚度 (mm)。

4 倒 L 形、箱形带翼缘 GRC 构件在弯拉应力与轴拉应力复合状态下，截面中性轴到受拉区边缘的距离  $e$  (图 5.6.2-3) 应按下式计算，GRC 标准试件与倒 L 形、箱形带翼缘 GRC 构件的抗弯性能差异系数  $\gamma_0$  应按表 5.6.2-2 确定。

$$e = e_0 \left( 1 + \frac{\sigma_1}{\sigma_0} \right) \quad (5.6.2-2)$$

式中： $e_0$  ——按异形截面尺寸计算的中性轴到受拉区边缘的距离 (mm)；

$\sigma_1$  ——温湿度效应按基本组合或标准组合计算的 GRC 构件截面轴拉应力设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )。

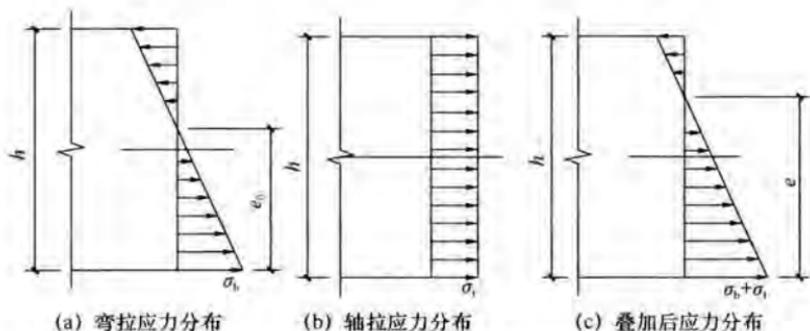


图 5.6.2-3 弯拉应力与轴拉应力状态下异形截面的应力分布

5.6.3 对于温湿度效应控制的基本组合，GRC 构件截面应力设计值验算应符合下式要求：

$$\gamma_0 \sigma \leq \frac{f_{Auk}}{\gamma_m} \quad (5.6.3-1)$$

当缺乏 GRC 老化试验数据时，GRC 构件截面应力设计值验算可符合下式要求：

$$\gamma_0 \sigma \leq \frac{f_{1sk}}{\gamma_m} \quad (5.6.3-2)$$

式中： $\sigma$ ——按基本组合，GRC 构件截面应力设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )；  
 $f_{\Delta\text{tk}}$ ——GRC 材料老化后的抗拉强度标准值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )；  
 $f_{\text{tk}}$ ——GRC 材料抗拉初裂强度标准值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )；  
 $\gamma_0$ ——构件重要性系数， $\gamma_0 \leq 1.0$ ；对于抗震设计，不考虑构件的重要性系数；  
 $\gamma_m$ ——GRC 材料分项系数，取 1.4。

## 5.7 抗裂验算

**5.7.1** 对于风荷载控制的标准组合，其开裂应力设计值应符合下式要求：

$$\sigma_r \leq \frac{f_{\text{tk}}}{\gamma_R \gamma_b} \quad (5.7.1)$$

式中： $\sigma_r$ ——按标准组合，GRC 构件截面开裂应力设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )；  
 $\gamma_b$ ——GRC 标准试件与 GRC 构件的抗弯性能差异系数；  
 $f_{\text{tk}}$ ——GRC 材料比例极限强度标准值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )；  
 $\gamma_R$ ——GRC 材料抗裂分项系数，取 1.8。

**5.7.2** 对于温湿度应力控制的标准组合，其开裂应力设计值应符合下式要求：

$$\sigma_r \leq f_{\text{tk}}/\gamma_R \quad (5.7.2)$$

式中： $f_{\text{tk}}$ ——GRC 材料抗拉初裂强度标准值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )；  
 $\gamma_R$ ——GRC 材料抗裂分项系数，取 1.8。

## 5.8 锚固承载力设计

**5.8.1** 荷载按基本组合，锚固受拉承载力设计值应符合表 5.8.1 的规定。

表 5.8.1 锚固受拉承载力设计规定

破坏类型	设计规定
锚栓钢材破坏	$\gamma_A N_{\text{t}} \leq F_{\text{sk}}/\gamma_{\text{NS}}$

续表 5.8.1

破坏类型	设计规定
GRC 锥体受拉破坏	$\gamma_{\Lambda} N_d \leq F_{ck} / \gamma_{cN}$
GRC 劈裂破坏	$\gamma_{\Lambda} N_d \leq F_{spk} / \gamma_{spN}$

注:  $N_d$ ——荷载按基本组合计算的锚固拉力设计值 (N);

$F_{ck}$ ——锚栓 (或锚杆) 钢材破坏受拉承载力标准值 (N);

$F_{ck}$ ——GRC 锥体破坏受拉承载力标准值 (N);

$F_{spk}$ ——GRC 劈裂破坏受拉承载力标准值 (N);

$\gamma_{\Lambda}$ ——锚固连接的重要性系数, 按本标准第 5.1.8 条和第 5.1.9 条采用;

$\gamma_{cN}$ ——锚栓钢材破坏受拉承载力分项系数, 按本标准表 5.8.5 采用;

$\gamma_{cN}$ ——GRC 锥体破坏受拉承载力分项系数, 按本标准表 5.8.5 采用;

$\gamma_{spN}$ ——GRC 劈裂破坏受拉承载力分项系数, 按本标准表 5.8.5 采用。

**5.8.2 荷载按基本组合, 锚固受剪承载力应符合表 5.8.2 的规定。**

表 5.8.2 锚固受剪承载力设计规定

破坏类型	设计规定
锚栓钢材破坏	$\gamma_{\Lambda} V_d \leq Q_{sk} / \gamma_{sV}$
GRC 楔形体破坏	$\gamma_{\Lambda} V_d \leq Q_{ck} / \gamma_{cV}$
GRC 剪撬破坏	$\gamma_{\Lambda} V_d \leq Q_{cpk} / \gamma_{cpV}$

注:  $V_d$ ——荷载按基本组合计算的锚固剪力设计值 (N);

$Q_{sk}$ ——锚栓钢材破坏受剪承载力标准值 (N);

$Q_{ck}$ ——GRC 边缘破坏受剪承载力标准值 (N);

$Q_{cpk}$ ——GRC 剪撬破坏受剪承载力标准值 (N);

$\gamma_{\Lambda}$ ——锚固连接的重要性系数, 按本标准第 5.1.8 条和第 5.1.9 条采用;

$\gamma_{sV}$ ——锚栓钢材破坏受剪承载力分项系数, 按本标准表 5.8.5 采用;

$\gamma_{cV}$ ——GRC 边缘破坏受剪承载力分项系数, 按本标准表 5.8.5 采用;

$\gamma_{cpV}$ ——GRC 剪撬破坏受剪承载力分项系数, 按本标准表 5.8.5 采用。

**5.8.3 拉剪复合受力下锚栓或连接螺栓钢材破坏时的承载力, 应符合下列公式要求:**

$$\left(\frac{N_d}{F_{sd}}\right)^2 + \left(\frac{V_d}{Q_{sd}}\right)^2 \leq 1 \quad (5.8.3-1)$$

$$F_{sd} = F_{sk} / \gamma_{sN} \quad (5.8.3-2)$$

$$Q_{sd} = Q_{sk} / \gamma_{sV} \quad (5.8.3-3)$$

式中:  $F_{sd}$  ——锚栓钢材破坏受拉承载力设计值 (N);

$Q_{sd}$  ——锚栓钢材破坏受剪承载力设计值 (N)。

**5.8.4** 拉剪复合受力下 GRC 破坏时的承载力应符合下列公式要求:

$$\left(\frac{N_d}{F_{cd}}\right)^{1.5} + \left(\frac{V_d}{Q_{cd}}\right)^{1.5} \leq 1 \quad (5.8.4-1)$$

$$F_{cd} = F_{ck} / \gamma_{cN} \quad (5.8.4-2)$$

$$Q_{cd} = Q_{ck} / \gamma_{cV} \quad (5.8.4-3)$$

式中:  $F_{cd}$  ——GRC 锥体破坏受拉承载力设计值 (N);

$Q_{cd}$  ——GRC 边缘破坏受剪承载力设计值 (N)。

**5.8.5** GRC 构件锚固承载力分项系数  $\gamma_k$  宜根据锚固连接破坏类型及 GRC 构件的类型不同, 按表 5.8.5 确定。

表 5.8.5 锚固承载力分项系数

项次	符号	锚固破坏类型	GRC 背附钢架板、单块面积小于 $3\text{m}^2$ 的 GRC 带肋板或用于 $24\text{m}$ 以下建筑高度的 GRC 平板	单块面积大于 $3\text{m}^2$ 的 GRC 带肋板或用于高层建筑的 GRC 平板和单块面积小于 $3\text{m}^2$ 的 GRC 带肋板
1	$\gamma_{cN}$	GRC 锥体受拉破坏	1.8	3.0
2	$\gamma_{cV}$	GRC 边缘受剪破坏	1.5	2.5
3	$\gamma_{spN}$	GRC 劈裂破坏	1.8	3.0
4	$\gamma_{cpV}$	GRC 剪撬破坏	1.5	2.5
5	$\gamma_{sN}$	锚栓钢材受拉破坏	1.2	1.3
6	$\gamma_{sV}$	锚栓钢材受剪破坏	1.2	1.3

**5.8.6** 对于 GRC 构件的后锚固抗震设计, 其锚固拉力设计值和锚固剪力设计值应按本标准第 5.4.1 条第 2 款的规定进行计算, 后锚固受拉、受剪承载力应根据现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的相关公式进行计算, 其计算结果应

符合本标准第 5.1.9 条第 2 款的规定。

**5.8.7** GRC 平板和 GRC 背附钢架板的锚固承载力标准值可按下列要求确定：

1 应根据设计要求，按工厂制作工艺技术规程制作不少于 20 个锚固受拉试件（尺寸：300mm×300mm），经标准养护后测试锚固受拉承载力，并按下列公式计算预埋锚固受拉承载力标准值：

$$F_k = \bar{F} \left[ 1 - t_{\alpha}(n-1) \frac{S_N}{\bar{F}} \right] \quad (5.8.7-1)$$

$$S_N = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (F_i - \bar{F})^2} \quad (5.8.7-2)$$

式中： $F_k$ ——锚固受拉承载力标准值（kN）；

$\bar{F}$ ——该批试件锚固受拉承载力平均值（kN）；

$S_N$ ——该批试件锚固受拉承载力样本方差；

$F_i$ ——单个试件的锚固受拉承载力（kN）；

$n$ ——样本容量；

$t_{\alpha}$ ——学生氏函数，按置信度  $1-\alpha$  和样本容量  $n$  确定。

2 应根据设计要求，按工厂制作工艺技术规程制作不少于 20 个锚固受剪试件（尺寸：300mm×300mm），经标准养护后测试锚固受剪承载力，并按下列公式计算预埋锚固受剪承载力标准值：

$$Q_k = \bar{Q} \left[ 1 - t_{\alpha}(n-1) \frac{S_V}{\bar{Q}} \right] \quad (5.8.7-3)$$

$$S_V = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Q_i - \bar{Q})^2} \quad (5.8.7-4)$$

式中： $Q_k$ ——锚固受剪承载力标准值（kN）；

$\bar{Q}$ ——该批试件锚固受剪承载力平均值（kN）；

$S_V$ ——该批试件锚固受剪承载力样本方差；

$Q_i$ ——单个试件的锚固受剪承载力（kN）。

**5.8.8** 对于 GRC 带肋板或缺乏锚固承载力实验数据的 GRC 平板，锚固受拉承载力标准值和锚固受剪承载力标准值宜按现行行业标准《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145 的相关公式计算确定。

## 6 GRC 平板结构设计

### 6.1 GRC 平板

6.1.1 GRC 平板采用四点支承时,在重力荷载或风荷载或地震作用下产生的截面应力标准值应按下列式计算:

$$\sigma_k = \frac{6mq_k l_y^2}{h^2} \quad (6.1.1)$$

式中:  $\sigma_k$  —— GRC 平板在重力荷载或风荷载或地震作用下产生的截面应力标准值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ), 即  $\sigma_k$  分别代表  $\sigma_{Gk}$  或  $\sigma_{wk}$  或  $\sigma_{Ek}$ ;

$q_k$  —— 重力荷载或风荷载或地震作用标准值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ );

$l_y$  —— GRC 平板支承点间长边边长 (mm);

$h$  —— GRC 平板厚度 (mm);

$m$  —— 四点支承 GRC 平板弯矩系数, 根据 GRC 平板支承点间的短边与长边边长之比  $l_x/l_y$  按表 6.1.1 确定。

表 6.1.1 四点支承 GRC 板的弯矩系数  $m$

$l_x/l_y$	0.00	0.20	0.30	0.40	0.50	0.55	0.60	0.65
$m$	0.125	0.126	0.127	0.129	0.130	0.132	0.134	0.136
$l_x/l_y$	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	—
$m$	0.138	0.140	0.142	0.145	0.148	0.151	0.154	—

注:  $l_x$  为支承点之间的短边边长。

6.1.2 GRC 平板受温湿度作用产生的截面应力标准值宜按本标准第 5.3.7 条和第 5.3.8 条的要求确定。

6.1.3 GRC 平板应进行承载力验算和抗裂验算。

6.1.4 GRC 平板的挠度应按下列要求验算:

1 GRC 平板的刚度  $D$  可按下列式计算:

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \quad (6.1.4-1)$$

2 GRC 平板的挠度应按下列规定计算：

1) 对于竖直外墙或当自重对结构有利时的倾斜外墙，其挠度值应按下列式计算：

$$u = \frac{\mu \alpha v_k l_y^4}{D} \quad (6.1.4-2)$$

2) 对于当自重对结构不利时的倾斜外墙，其挠度值应按下列式计算：

$$u = \frac{\mu (q_{Gk} + z w_k) l_y^4}{D} \quad (6.1.4-3)$$

式中： $D$ ——GRC 平板刚度 (Nmm)；

$\nu$ ——GRC 材料泊松比，按本标准表 5.2.9 采用；

$q_{Gk}$ ——GRC 平板重力荷载标准值沿垂直于板面方向的分量 (N/mm<sup>2</sup>)；

$\mu$ ——挠度系数，根据 GRC 平板支承点间短边与长边边长之比  $l_x/l_y$  按表 6.1.4 采用；

$w_k$ ——风荷载标准值 (N/mm<sup>2</sup>)；

$l_y$ ——GRC 平板支承点间长边边长 (mm)；

$E$ ——GRC 材料弹性模量 (N/mm<sup>2</sup>)；

$h$ ——GRC 平板厚度 (mm)；

$u$ ——GRC 平板挠度 (mm)。

表 6.1.4 四点支承 GRC 板的挠度系数  $\mu$

$l_x/l_y$	0.00	0.20	0.30	0.40	0.50	0.55	0.60	0.65
$\mu$	0.01302	0.01317	0.01335	0.01367	0.01417	0.01451	0.01496	0.01555
$l_x/l_y$	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	—
$\mu$	0.01630	0.01725	0.01842	0.01984	0.02157	0.02363	0.02603	—

注： $l_x$ 为支承点之间的短边边长。

3 四点支承 GRC 平板的挠度限值  $\mu_{\text{lim}}$  宜按其支承点间长边

边长的  $l/240$  确定。

**6.1.5** 当进行锚固受拉承载力设计时，GRC 锥体破坏受拉承载力标准值宜按本标准第 5.8.7 条的规定计算，在缺乏锚固承载力实验数据时亦可按本标准第 5.8.8 条的规定计算。计算所得的锚固受拉承载力标准值应符合本标准第 5.8.1 条的规定；对于后锚固抗震设计，应符合本标准第 5.8.6 条的规定。

## 6.2 横 梁

**6.2.1** 横梁截面主要受力部位的厚度，应符合下列规定：

1 截面自由挑出部位（图 6.2.1a）和双侧加劲部位（图 6.2.1b）的宽厚比  $b_0/t$  应符合表 6.2.1 的要求。

表 6.2.1 横梁截面宽厚比  $b_0/t$  限值

截面部位	铝型材				钢型材	
	6063-T5 6061-T4	6063A-T5	6063-T6 6063A-T6	6061-T6	Q235	Q345
自由挑出	17	15	13	12	15	12
双侧加劲	50	45	40	35	40	33

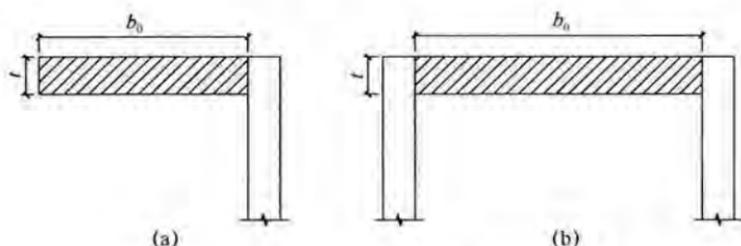


图 6.2.1 横梁的截面部位示意

2 当横梁跨度不大于 1.2m 时，铝合金型材截面主要受力部位的厚度不应小于 2.0mm；当横梁跨度大于 1.2m 时，其截面主要受力部位的厚度不应小于 2.5mm。型材孔壁与螺钉之间直接采用螺纹受力连接时，其局部截面厚度不应小于螺钉的公称

直径。

3 钢型材截面主要受力部位的厚度不应小于 2.5mm。

6.2.2 横梁可采用铝合金型材或钢型材，铝合金型材的表面处理应符合现行国家标准《铝合金建筑型材》GB/T 5237 规定的要求。钢型材宜采用高耐候钢，碳素钢型材应热浸锌或采取其他有效防腐措施，焊缝应涂防锈涂料；处于严重腐蚀条件下的钢型材，应预留腐蚀厚度。

6.2.3 应根据板材在横梁上的支承状况决定横梁的荷载，并应计算横梁承受的弯矩和剪力。当采用大跨度开口截面横梁时，宜计算约束扭转产生的双力矩。

6.2.4 横梁截面受弯承载力应符合下式要求：

$$\frac{M_x}{\gamma W_{nx}} + \frac{M_y}{\gamma W_{ny}} \leq f \quad (6.2.4)$$

式中： $M_x$ ——横梁绕截面  $x$  轴（平行于幕墙平面方向）的弯矩设计值（Nmm）；

$M_y$ ——横梁绕截面  $y$  轴（垂直于幕墙平面方向）的弯矩设计值（Nmm）；

$W_{nx}$ ——横梁截面绕截面  $x$  轴（幕墙平面内方向）的净截面抵抗矩（ $\text{mm}^3$ ）；

$W_{ny}$ ——横梁截面绕截面  $y$  轴（垂直于幕墙平面方向）的净截面抵抗矩（ $\text{mm}^3$ ）；

$\gamma$ ——截面塑性发展系数，可取 1.05；

$f$ ——型材抗弯强度设计值（ $\text{N}/\text{mm}^2$ ）。

6.2.5 横梁截面受剪承载力应符合下式要求：

$$\frac{V_x S_x}{I_x t_x} \leq f_v \quad (6.2.5-1)$$

$$\frac{V_y S_y}{I_y t_y} \leq f_v \quad (6.2.5-2)$$

式中： $V_x$ ——横梁水平方向（ $x$  轴）的剪力设计值（N）；

$V_y$ ——横梁竖直方向（ $y$  轴）的剪力设计值（N）；

- $S_x$ ——横梁截面绕  $x$  轴的毛截面面积矩 ( $\text{mm}^3$ );  
 $S_y$ ——横梁截面绕  $y$  轴的毛截面面积矩 ( $\text{mm}^3$ );  
 $I_x$ ——横梁截面绕  $x$  轴的毛截面惯性矩 ( $\text{mm}^4$ );  
 $I_y$ ——横梁截面绕  $y$  轴的毛截面惯性矩 ( $\text{mm}^4$ );  
 $t_x$ ——横梁截面垂直于  $x$  轴腹板的截面总宽度 ( $\text{mm}$ );  
 $t_y$ ——横梁截面垂直于  $y$  轴腹板的截面总宽度 ( $\text{mm}$ );  
 $f_v$ ——型材抗剪强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )。

**6.2.6** GRC 构件在横梁上偏置使横梁产生较大的扭矩时, 应进行横梁抗扭承载力计算。

**6.2.7** 沿垂直于板面方向, 横梁在风荷载和重力荷载按本标准第 5.4.7 条的规定计算的组合值作用下产生的挠度值  $u_x$  以及沿平行于板面方向, 横梁在重力荷载标准值作用下产生的挠度值  $u_y$  均应符合下列规定:

- 1 对铝合金型材, 挠度值应符合下列公式要求:

$$u_x \leq l/180 \quad (6.2.7-1)$$

$$u_y \leq l/180 \quad (6.2.7-2)$$

- 2 对钢型材, 挠度值应符合下列公式要求:

$$u_x \leq l/250 \quad (6.2.7-3)$$

$$u_y \leq l/250 \quad (6.2.7-4)$$

式中:  $l$ ——横梁的跨度 ( $\text{mm}$ ), 悬臂构件取挑出长度的 2 倍。

## 6.3 立 柱

**6.3.1** 立柱截面主要受力部位的厚度, 应符合下列规定:

1 铝合金型材截面开口部位的厚度不应小于 3.0mm, 闭口部的厚度不应小于 2.5mm; 型材孔壁与螺钉之间直接采用螺纹受力连接时, 其局部厚度尚不应小于螺钉的公称直径;

2 钢型材截面主要受力部位的厚度不应小于 3.0mm;

3 对偏心受压立柱, 其截面宽厚比应符合本标准第 6.2.1 条的相应规定。

**6.3.2** 立柱可采用铝合金型材或钢型材。铝合金型材的表面处

理应符合现行国家标准《铝合金建筑型材》GB/T 5237 的规定；钢型材宜采用高耐候钢，碳素钢型材应采用热浸锌或采取其他有效防腐措施。处于腐蚀严重环境下的钢型材，应预留腐蚀厚度。

**6.3.3** 上柱与下立柱之间应留有不小于 15mm 的缝隙，闭口型材可采用长度不小于 250mm 的芯柱连接，芯柱与立柱应紧密配合。芯柱与上柱或下柱之间采用机械连接方法加以固定。开口型材上柱与下柱之间可采用等强型材机械连接。

**6.3.4** 当多层或高层建筑中跨层通长布置立柱时，立柱与主体结构连接支承点每层不宜少于一个；在混凝土实体墙面上，连接支承点宜加密。

**6.3.5** 在楼层内单独布置立柱时，其上下端均宜与主体结构铰接，宜采用上端悬挂方式；当柱支承点可能产生较大位移时，应采用与位移相适应的支承装置。

**6.3.6** 应根据立柱的实际支承条件，分别按单跨梁、双跨梁或多跨铰接梁计算由风荷载或地震作用产生的弯矩，并应按其支承条件计算轴向力。

**6.3.7** 承受轴力和弯矩作用的立柱，其承载力应符合下式要求：

$$\frac{N}{A_n} + \frac{M}{\gamma W_n} \leq f \quad (6.3.7)$$

式中： $N$ ——立柱的轴力设计值（N）；

$M$ ——立柱的弯矩设计值（Nmm）；

$A_n$ ——立柱的净截面面积（ $\text{mm}^2$ ）；

$W_n$ ——立柱在弯矩作用方向的净截面抵抗矩（ $\text{mm}^3$ ）；

$\gamma$ ——截面塑性发展系数，取 1.05；

$f$ ——型材的抗弯强度设计值  $f_n$  或  $f_s$ （ $\text{N}/\text{mm}^2$ ）。

**6.3.8** 承受轴压力和弯矩作用的立柱，其在弯矩作用方向的稳定性应符合下列公式要求：

$$\frac{N}{\varphi A} + \frac{M}{\gamma W(1 - 0.8N/N_E)} \leq f \quad (6.3.8-1)$$

$$N_E = \frac{\pi^2 EA}{1.1\lambda^2} \quad (6.3.8-2)$$

式中： $N$ ——立柱的轴压力设计值（N）；

$N_E$ ——临界轴压力（N）；

$M$ ——立柱的最大弯矩设计值（Nmm）；

$\varphi$ ——弯矩作用平面内轴心受压的稳定系数，按表 6.3.8 采用；

$A$ ——立柱的毛截面面积（ $\text{mm}^2$ ）；

$W$ ——在弯矩作用方向上较大受压边的毛截面抵抗矩（ $\text{mm}^3$ ）；

$\lambda$ ——长细比；

$E$ ——钢材的弹性模量（ $\text{N}/\text{mm}^2$ ）；

$\gamma$ ——截面塑性发展系数，取 1.05；

$f$ ——型材的抗弯强度设计值（ $\text{N}/\text{mm}^2$ ）。

表 6.3.8 轴心受压柱的稳定系数  $\varphi$

长细比 $\lambda$	钢型材		铝型材			
	Q235	Q345	6063-T5 6061-T4	6063A-T5	6063-T6 6063A-T6	6061-T6
20	0.97	0.96	0.94	0.93	0.96	0.95
40	0.90	0.88	0.85	0.80	0.86	0.82
60	0.81	0.73	0.72	0.65	0.69	0.58
80	0.69	0.58	0.57	0.48	0.48	0.38
90	0.62	0.50	0.50	0.41	0.39	0.31
100	0.56	0.43	0.43	0.35	0.33	0.25
110	0.49	0.37	0.38	0.30	0.28	0.21
120	0.44	0.32	0.33	0.26	0.24	0.18
130	0.39	0.28	0.29	0.22	0.20	0.15
140	0.35	0.25	0.26	0.20	0.18	0.14
150	0.31	0.21	0.23	0.17	0.16	0.12

6.3.9 承受轴压力和弯矩作用的立柱，其长细比  $\lambda$  不宜大于 150。

6.3.10 在风荷载标准值作用下，立柱的挠度限值  $u_{lim}$  宜按下列

规定采用：

- 1 对铝合金型材，挠度值应符合下式要求：

$$u_{\text{lim}} = l/180 \quad (6.3.10-1)$$

- 2 对钢型材，挠度值应符合下式要求：

$$u_{\text{lim}} = l/250 \quad (6.3.10-2)$$

式中： $l$ ——跨度（mm），悬臂构件取挑出长度的2倍。

**6.3.11** 横梁可通过角码、螺钉或螺栓与立柱连接。角码应能承受横梁的剪力，其厚度不应小于3mm；角码与立柱之间的连接螺钉或螺栓应满足受剪和受扭承载力要求。

**6.3.12** 立柱与主体结构之间每个受力连接部位的连接螺栓不应小于2个，且连接螺栓直径不宜小于10mm。

## 7 GRC 带肋板结构设计

### 7.1 面 板

7.1.1 对于由竖向和横向加强肋所围成的板区格，当面板的短边边长  $l_x$  与长边边长  $l_y$  之比小于 0.5 时，其面板应力按单向板计算；当面板短边边长与长边边长之比大于或等于 0.5 时，其面板应力按双向板计算。

7.1.2 当按单向板设计时，面板在重力荷载或风荷载或地震作用下产生的截面应力标准值应分别按下列公式计算：

1 两端简支或一端简支一端固定：

$$\sigma_k = 0.75 \frac{q_k l_m^2}{h^2} \quad (7.1.2-1)$$

2 两端固定：

$$\sigma_k = 0.5 \frac{q_k l_m^2}{h^2} \quad (7.1.2-2)$$

式中： $\sigma_k$ ——面板在重力荷载或风荷载或地震作用下产生的截面应力标准值（ $\text{N}/\text{mm}^2$ ），即  $\sigma_k$  分别代表  $\sigma_{ik}$  或  $\sigma_{wk}$  或  $\sigma_{ek}$ ；

$q_k$ ——重力荷载或风荷载或地震作用标准值（ $\text{N}/\text{mm}^2$ ），即  $q_k$  分别代表  $q_{ik}$  或  $w_k$  或  $q_{ek}$ ；

$l_m$ ——区格内面板短边净跨（mm）；

$h$ ——面板板厚（mm）。

7.1.3 按双向板设计时，面板在重力荷载或风荷载或地震作用下产生的截面应力标准值应按下式计算：

$$\sigma_k = \frac{6mq_k l_x^2}{h^2} \quad (7.1.3)$$

式中： $l_x$ ——板区格面板短边边长（mm）；

$m$ ——沿短边方向弯矩系数，由面板长宽比  $l_x/l_y$  按本标准附录 D 确定。

7.1.4 面板受温湿度作用产生的截面应力标准值宜按本标准第 5.3.7 条和第 5.3.8 条的要求确定。

## 7.2 加强肋

7.2.1 作用于 GRC 面板的荷载应按三角形或梯形分布传递到加强肋上（图 7.2.1a 和图 7.2.1b），作用于加强肋的计算荷载应按等弯矩原则转化为等效均布荷载。

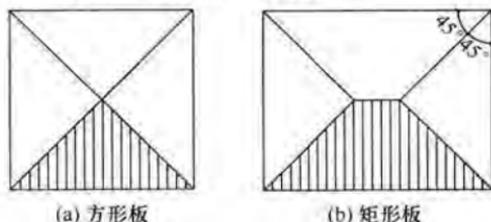


图 7.2.1 板面荷载向肋传递示意

7.2.2 各种加强肋计算截面的翼缘计算宽度  $b_f$ （图 7.2.2）应按下列规定确定：

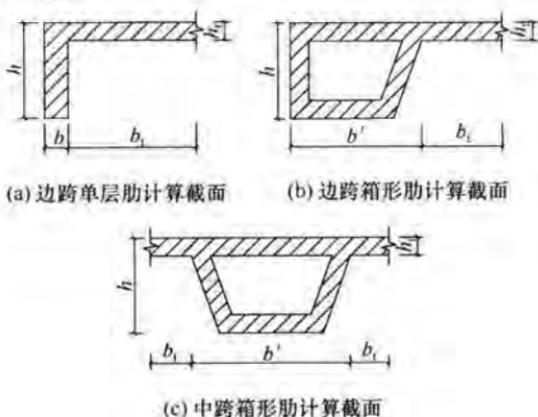


图 7.2.2 各种类型加强肋计算截面

1 当翼缘所在区格内的净跨尺寸小于或等于  $48h_f$  时,  $b_f$  应取  $1/2$  净跨尺寸;

2 当翼缘所在区格内的净跨尺寸大于  $48h_f$  时,  $b_f$  应取  $24h_f$ 。

7.2.3 加强肋在重力荷载或风荷载或地震作用下产生的截面应力标准值应按下式计算:

$$\sigma_k = \frac{M_k}{W_{\min}} \quad (7.2.3)$$

式中:  $\sigma_k$ ——加强肋在重力荷载或风荷载或地震作用下产生的截面应力标准值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ), 即  $\sigma_k$  分别代表  $\sigma_{Gk}$  或  $\sigma_{wk}$  或  $\sigma_{Ek}$ ;

$M_k$ ——加强肋按重力荷载或风荷载或地震作用计算的弯矩标准值 ( $\text{Nmm}$ ), 即  $M_k$  分别代表  $M_{Gk}$  或  $M_{wk}$  或  $M_{Ek}$ ;

$W_{\min}$ ——加强肋截面受拉区边缘弹性抵抗矩 ( $\text{mm}^3$ ), 取较小值。

7.2.4 加强肋受温湿度作用产生的截面应力标准值宜按本标准第 5.3.7 条和第 5.3.8 条的要求确定。

### 7.3 极限状态设计

7.3.1 GRC 面板和加强肋应分别进行承载力验算和抗裂验算。

7.3.2 GRC 面板和加强肋应分别进行挠度验算, 面板和加强肋的挠度值之和不应大于  $l/300$ 。

7.3.3 当进行 GRC 构件锚固受拉和受剪承载力设计时, GRC 锥体破坏受拉、劈裂破坏受拉承载力标准值或 GRC 边缘楔形体破坏受剪、剪撬破坏受剪承载力标准值应符合下列规定:

1 GRC 锥体破坏受拉、劈裂破坏受拉承载力标准值或 GRC 边缘楔形体破坏受剪、剪撬破坏受剪承载力标准值应按本标准第 5.8.8 条的规定进行计算;

2 计算所得的 GRC 锥体破坏受拉、劈裂破坏受拉承载力标准值应符合本标准第 5.8.1 条的规定; 计算所得的 GRC 边缘

楔形体破坏受剪、剪撬破坏受剪承载力标准值应符合本标准第 5.8.2 条的规定；对于后锚固抗震设计，GRC 锥体破坏受拉、劈裂破坏受拉承载力标准值和 GRC 边缘楔形体破坏受剪、剪撬破坏受剪承载力标准值应符合本标准第 5.8.6 条的规定。

**7.3.4** 对于 GRC 锚固拉剪复合受力承载力的设计，其锚固拉剪复合受力承载力标准值应符合本标准第 5.8.4 条的规定；对于后锚固抗震设计，应符合本标准第 5.8.6 条的规定。

## 8 GRC 背附钢架板结构设计

### 8.1 GRC 面板

8.1.1 GRC 面板采用纵横相互平行排列的柔性锚杆的支承形式可简化为点支承结构 (图 8.1.1)。

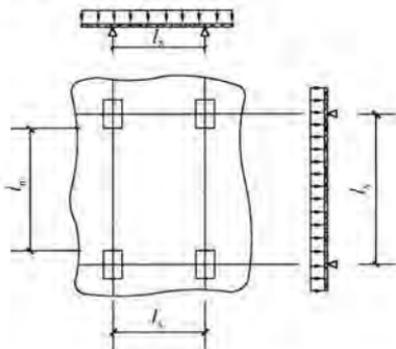


图 8.1.1 任一板区格内的计算简图

8.1.2 GRC 面板在重力荷载或风荷载或地震作用下, 板区格截面产生的最大应力标准值应按下式计算:

$$\sigma_k = 0.7312 \frac{q_n l_n^2}{h^2} \quad (8.1.2)$$

式中:  $\sigma_k$ ——面板在重力荷载或风荷载或地震作用下产生的截面应力标准值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ), 即  $\sigma_k$  分别代表  $\sigma_{Gk}$  或  $\sigma_{wk}$  或  $\sigma_{Ek}$ ;

$q_k$ ——重力荷载或风荷载或地震作用标准值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ ), 即  $q_k$  分别代表  $q_{Gk}$  或  $w_k$  或  $q_{Ek}$ ;

$l_n$ ——板区格长边净跨 (mm);

$h$ ——板区格面板厚度 (mm)。

8.1.3 GRC 面板受温湿度作用产生的截面应力标准值宜按其受

到柔性锚杆的实际约束工况或按本标准第 5.3.7 条和第 5.3.8 条的要求确定。

**8.1.4** GRC 面板应分别进行承载力验算和抗裂验算。

**8.1.5** GRC 面板与 L 形锚杆采用预埋锚固，其锚固承载力应符合下列规定：

1 GRC 面板与 L 形锚杆的锚固承载力应采用试验方法确定，其中，柔性锚杆的锚固受拉承载力标准值和重力锚杆的锚固受剪承载力标准值应按本标准第 5.8.7 条的规定计算；

2 所计算的锚固受拉承载力应符合本标准第 5.8.1 条的规定。其中，GRC 构件的锚固拉力设计值应依据 GRC 构件传递到锚固处的各种荷载按基本组合计算；

3 所计算的锚固受剪承载力标准值应符合本标准第 5.8.2 条的规定。其中，GRC 构件的锚固剪力设计值应依据 GRC 构件传递到锚固处的各种剪力按基本组合计算。

## 8.2 背附钢架设计

**8.2.1** 龙骨截面主要受力部位的厚度应符合下列规定：

1 非轴拉受力状态的龙骨，其截面的宽厚比应符合本标准第 6.2.1 条的规定；

2 热轧钢型材的有效厚度不应小于 3mm。

**8.2.2** 龙骨宜采用钢型材。钢型材宜采用耐候钢；碳素钢型材应热浸镀锌或采取其他有效防腐措施。处于潮湿或腐蚀条件下的钢型材，可按计算厚度增加 1mm 为设计厚度。

**8.2.3** 柔性锚杆和重力锚杆与龙骨的连接宜采用焊接或铰接，其连接承载力应能保证 GRC 面板所受到的各种荷载可靠地传递到相应龙骨上。

**8.2.4** 作用于龙骨上的荷载应根据 GRC 面板在龙骨上的支承状况以及龙骨之间的传力途径计算确定。

**8.2.5** 承受轴力和弯矩作用的龙骨，其承载力应符合本标准第 6.3.7 条的规定；当轴力为压力时，其在弯矩作用方向的稳定性

应符合本标准第 6.3.8 条的规定。

**8.2.6** 不承受轴力的龙骨，其截面受弯承载力和受剪承载力应分别符合本标准第 6.2.4 条和第 6.2.5 条的规定；GRC 面板在龙骨上偏置使龙骨产生较大扭矩时，尚应进行龙骨受扭承载力计算。

**8.2.7** 龙骨之间的连接应能承受 GRC 面板的各种荷载和作用及绕龙骨形心轴的扭转力。

**8.2.8** 背附钢架应进行挠度验算，其挠度限值为  $l/240$ 。

## 9 制作加工

### 9.1 一般规定

9.1.1 GRC 构件生产单位应具备相应的生产工艺设施和必要的试验检测手段，并应建立完善的质量管理体系。

9.1.2 GRC 构件制作前，应根据设计要求、工艺要求和质量标准进行技术交底，并应制定相应的生产方案。

### 9.2 GRC 构件制作

9.2.1 GRC 构件制作前应进行产品图的设计，产品图应与安装图相一致。

9.2.2 GRC 构件产品图应标识构件尺寸、预埋件及背附钢架对应位置、构件剖面、细部详图、材料名称及规格等信息。

9.2.3 制作 GRC 构件的模具应有足够刚度和尺寸精度且不吸水。投入生产前应对模具进行验收。应选用对 GRC 构件表面无污染的隔离剂并均匀涂覆。

9.2.4 浇筑成型宜选用自流平或自密实浆料或采取内外辅助振动工艺进行密实。

9.2.5 带有背附钢架的 GRC 构件在完成喷射或浇筑作业后应立即装配，应采取必要的承托和定位措施，装配应按产品设计图纸进行。

9.2.6 GRC 浆料初凝后应静置养护，不含丙烯酸乳液的 GRC 构件应采取保湿措施，养护温度不宜低于 10℃。

9.2.7 GRC 构件应达到设计强度的 50% 以上方可脱模，脱模时不应采用局部应力过于集中的方法，当构件特殊或尺寸太大无法采用人工脱模时，应在构件中埋入专用脱模套管或套环，借助起吊设备以及脱模辅助装置操作。

9.2.8 脱模后自然养护时间，硅酸盐水泥基 GRC 构件不应低于 7d，硫铝酸盐水泥基 GRC 构件不应低于 3d。低于标准温度时养护时间应适当延长。

### 9.3 金属构件加工

9.3.1 钢构件的加工应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定；钢构件焊接、螺栓连接应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018 及《钢结构焊接规范》GB 50661 的有关规定。

9.3.2 铝合金型材构件加工应符合现行国家标准《铝合金结构设计规范》GB 50429 的有关规定。

9.3.3 GRC 构件生产企业应配置金属构件加工需要的场地和设施，加工好的金属构件不应产生变形。

9.3.4 金属构件加工制作应符合设计要求，与 GRC 构件装配前应检验尺寸偏差、安置点位置、焊接质量、防锈涂层或镀锌质量等。

### 9.4 检 验

9.4.1 GRC 构件不应有严重缺陷，对于一般缺陷应在工厂内修复后方能出厂。

9.4.2 GRC 构件的尺寸允许偏差及检验方法应符合现行行业标准《玻璃纤维增强水泥外墙板》JC/T 1057 或《玻璃纤维增强水泥（GRC）装饰制品》JC/T 940 及表 9.4.2 规定。

表 9.4.2 GRC 构件尺寸允许偏差及检验方法

项 目	允许偏差 (mm)	检验方法
钢架位置偏差	±5	尺量检查
预埋件、孔、槽位置偏差	±5	尺量检查

9.4.3 金属构件的尺寸允许偏差及检验方法应符合表 9.4.3 的规定。

**表 9.4.3 金属构件尺寸允许偏差及检验方法**

项目	允许偏差 (mm)	检验方法
边长	$\pm 10$	尺量检查
对角线差	$\leq 10$	尺量检查
连接件、支承件加工尺寸	$\pm 5$	尺量检查
孔、槽位置	$\pm 10$	尺量检查
翘曲	$\leq 5$	拉线尺量检查

**9.4.4 GRC 构件性能检验应符合下列规定：**

1 GRC 构件每班生产的同时应按现行行业标准《玻璃纤维增强水泥外墙板》JC/T 1057 或《玻璃纤维增强水泥 (GRC) 装饰制品》JC/T 940 要求制作试验板，应按现行国家标准《玻璃纤维增强水泥性能试验方法》GB/T 15231 的规定进行相关性能测试。测试结果应符合设计要求；

2 生产企业应建立满足日常检测要求的实验室，生产期间每天应对测试样板进行测试，检测的结果在工程竣工后一年内应进行保存。

**9.4.5 GRC 构件的色差应符合建筑外观效果要求。**

**9.4.6 GRC 构件验收合格后，应在产品的显著位置设置标识，标识的内容应包括产品编号、制作日期、合格状态、生产企业名称等信息。**

**9.5 搬运和堆放**

**9.5.1 GRC 构件搬运应符合下列规定：**

1 GRC 构件的搬运应次数最少化，应根据产品的形状、尺寸和重心，采取合理的搬运措施；

2 搬运期间，构件应避免受到因振动、碰撞或挤压导致的局部应力集中；

3 搬运过程中应采取人身安全和对产品的必要保护措施，对于特殊产品应制定专门的质量安全保证措施。

### 9.5.2 GRC 构件堆放应符合下列规定：

1 应根据 GRC 构件造型特点按位置顺序进行堆放，应避免构件产生变形、破损或开裂。支承性、填充性以及防护性材料不应对构件产生损坏、污染；

2 应设置专门的堆放场地，场地应平整、坚实，并应留有足够的中转空间和运输通道；

3 堆放在成品区的 GRC 构件应采取必要的包装保护措施，应避免淋雨或与土、油、侵蚀性气体、焦油或烟雾直接接触；

4 对使用衬垫或支架等支承构件，支承点应为安装预埋件位置。当两个构件需叠放时，接触位置应放置缓冲材料；

5 雨期和寒冷天气应采取防雨淋、防雪措施。

## 10 安 装 施 工

### 10.1 一 般 规 定

10.1.1 安装 GRC 构件应在主体工程验收后进行，现场满足安装条件后方可施工。

10.1.2 进场的 GRC 构件的品种、规格、性能应符合设计要求。安装前应对现场施工人员进行技术交底。

10.1.3 安装施工单位应编制专项施工方案，并应包括下列内容：

- 1 工程概况；
- 2 编制依据；
- 3 施工进度计划；
- 4 材料与设备计划；
- 5 安装方法；
- 6 安装顺序；
- 7 检验方法；
- 8 安全与文明施工措施。

10.1.4 GRC 构件施工作业环境应符合下列规定：

- 1 温度应在 0℃ 以上；
- 2 雨雪天气和 6 级以上大风天气不得作业；
- 3 安装作业上下方不应同时有其他作业。

10.1.5 GRC 构件的安装应与屋面、墙体保温施工和门窗安装等工种协调配合。

10.1.6 GRC 构件安装施工安全措施应符合国家现行有关标准的规定。

### 10.2 运输和现场堆放

10.2.1 GRC 构件装卸应符合下列规定：

1 GRC 构件的装卸顺序应与安装顺序相符。

2 装卸 GRC 构件时应有保护措施，GRC 构件与包装紧固材料之间应有保护材料。

3 装卸设施应根据产品造型或包装特点确定，除较小产品可用人工装卸外，应采用专用托盘和支架并应采用叉车或吊机进行装卸。当采用吊机进行装卸时，宜将吊点设置在包装支架上。

4 叠放时应确定竖向力的传递方向，必要时应使用专用支架。当长条形板竖向放置时，两端应有侧向水平支撑。

5 装卸过程应轻缓平稳。

#### 10.2.2 GRC 构件运输应符合下列规定：

1 运输方案应根据项目特点制定，对于超宽、超高或造型特殊的构件应采取安全措施；

2 在运输车辆上应放置适当的垫块，同时应确定构件码放位置，在运输途中包装箱、托盘、支架应平稳；

3 运输车辆应满足产品装载和造型尺寸限制的要求，应采取防止产品移动、倾倒、变形的固定措施，应进行合理的固定和捆扎；

4 运输时应采取防止构件损坏的措施，对产品边角部位及捆扎固定的接触部位应采取必要的保护措施。

#### 10.2.3 施工现场 GRC 构件堆放措施应符合本标准第 9.5.2 条规定，并应符合下列规定：

1 现场应规划堆放区域，不宜与其他建筑材料或设备混放。构件应按安装顺序编号依次堆放。

2 现场应采取防尘、防污、防水保护措施，施工车辆、机械或其他作业应避免对构件造成意外破坏。

### 10.3 施工准备

10.3.1 施工现场 GRC 构件、安装辅件及主体结构上的锚固件应进行检查验收。

10.3.2 GRC 构件安装前应对主体结构进行现场测量和对安装

部位结构和墙体进行检查，对影响安装的结构误差及其他问题应向相关部门报告并及时处理。

## 10.4 安 装 施 工

**10.4.1** GRC 构件应通过支承结构与主体结构连接。GRC 构件与支承结构应采用插槽连接或螺栓连接，严禁现场焊接。

**10.4.2** 支承结构与主体结构的连接方式应符合下列规定：

1 混凝土结构应采用预埋锚固或后锚固；

2 钢结构宜采用螺栓连接，在焊缝防腐措施能保证的情况下也可采用焊接；

3 除小型构件或墙体经过事先设计和处理的情况下，不宜将 GRC 构件直接安装在砌体结构上。

**10.4.3** 支承结构与主体结构焊接部位的防腐应符合设计要求。

**10.4.4** 竖向连续分布构件宜自下而上安装，竖向不连续分布的构件可同时在不同层次作业。横向连续构件的安装顺序应根据误差进行分配，宜从边角开始安装。环窗构件的安装顺序宜为窗台—窗边—窗顶。

**10.4.5** 柱式 GRC 构件可一点吊装，横向尺度大的 GRC 构件应采用两点或多点吊装。吊点设置应平衡。

**10.4.6** 有背附钢架的 GRC 构件，吊点数量和位置应根据背附钢架刚度和构件的形状确定。吊装点应布置在钢架上，吊装荷载不应作用到构件或锚杆上。

**10.4.7** 无背附钢架的 GRC 构件吊装点不宜采用安装预埋件替代，应设置专门吊点，或内置吊装螺母或埋入吊装钢索等。

**10.4.8** GRC 构件就位后经测量确定三维方向的位置和角度都应在允许误差范围内，方可固定。

**10.4.9** 每个 GRC 构件均应独立与主体结构或支承结构连接，不得承受上部或邻近 GRC 构件的荷载。

**10.4.10** 檐线、腰线、窗台线等横向 GRC 构件，应有不小于 3% 的排水坡度。

**10.4.11** 支承结构与主体结构连接应在围护墙体和屋面的保温层和防水层施工前完成。如遇特殊情况需要倒序施工，对破坏的保温层和防水层应填充封堵。安装 GRC 构件时，严禁踩踏、碰撞和破坏保温层和防水层。

**10.4.12** GRC 构件接缝允许偏差内，可将部分安装偏差在构件接缝中调整。

**10.4.13** 构件与构件之间、构件与其他围护墙体之间的接缝宜采取嵌缝处理。

**10.4.14** 对于 GRC 复合板外墙，宜采用双重止水构造，在密封胶嵌缝之前应粘结止水胶条。止水胶条宜为空心胶条，两侧应粘结到 GRC 构件上，其外径尺寸应大于缝宽。

**10.4.15** GRC 构件接缝处理应先修整接缝、清除浮灰。嵌缝时构件应干燥，不宜在雨雪天气作业。

**10.4.16** 嵌缝应填充饱满、深度一致。

**10.4.17** GRC 构件与墙体接缝及其与其他围护材料的接缝处理措施，应符合设计要求。

**10.4.18** GRC 构件安装过程中出现的局部缺棱掉角、表面污染问题，应进行修补或去污处理。

**10.4.19** 无涂料装饰要求的 GRC 外墙，应在接缝密封胶施工完成后进行防护处理。所用防护剂不宜改变 GRC 外墙外观，且不得影响密封胶的粘结性能或与密封胶发生反应。

**10.4.20** GRC 构件与主体结构的连接节点应按隐蔽工程验收。

## 10.5 安装质量要求

**10.5.1** GRC 构件与主体结构的净距应符合下列规定：

- 1 GRC 构件背面与预制混凝土结构净距不应小于 40mm，与现浇混凝土结构净距不应小于 50mm；
- 2 GRC 构件背面与钢结构净距不应小于 40mm；
- 3 对于高层或不规则结构，净距不应小于 50mm；
- 4 柱套与柱子之间净距不应小于 75mm；

5 GRC 构件与主体结构的连接点在上下、左右、前后三个方向内的调节空间净距不应小于 25mm。

#### 10.5.2 安装效果应符合下列规定：

1 安装后的 GRC 外立面应线条清晰、层次分明、表面平整、曲面过渡光滑，横向构件应保证平直度，竖向构件应保证垂直度，整体效果应达到建筑设计要求；

2 GRC 构件表面应洁净，表面颜色和质感应符合样板要求；

3 GRC 构件间接缝应平直、均匀，不得有歪斜、错台及边角损坏。

#### 10.5.3 安装偏差应符合下列规定：

1 建筑平面内，GRC 构件与建筑轴线的距离偏差不应大于 12mm；

2 立面 3m 高度 GRC 构件立面垂直度偏差不应大于 5mm；立面 15m 高度 GRC 构件立面垂直度偏差不应大于 10mm；立面 30m 高度 GRC 构件立面垂直度偏差不应大于 20mm；

3 单个 GRC 构件顶部标高与设计标高偏差不应大于 10mm，相邻构件顶部标高偏差不应大于 5mm；

4 GRC 构件长度小于或等于 6m 时，接缝宽度与设计宽度偏差不应大于 5mm；GRC 构件长度大于 6m 时，接缝宽度与设计宽度偏差不应大于 10mm；

5 相邻 GRC 构件面内错台偏差不应大于 5mm；

6 与主体结构相连的连接件定位偏差不应大于 5mm。

# 11 验 收

## 11.1 一 般 规 定

**11.1.1** 工程验收应包括技术资料复核、现场检查和抽样检验。

**11.1.2** 相同设计、材料、工艺和施工条件的 GRC 外墙应以  $1000\text{m}^2$  为一个检验批，不足  $1000\text{m}^2$  应划分为 1 个检验批，超过  $10000\text{m}^2$  的以  $3000\text{m}^2$  为一个检验批。每个检验批抽查不应少于 5 处，每处不应少于  $10\text{m}^2$ 。

## 11.2 进 场 验 收

**11.2.1** 施工单位应提供符合设计要求的相关证明文件，包括经审批的设计图纸、生产厂家的型式检验报告。

**11.2.2** 进场验收应检查 GRC 构件产品合格证，钢构件、连接件材质证明及合格证，安装密封胶合格证等文件资料。

**11.2.3** GRC 构件应进行性能复试，复试应由 GRC 供应商提供与施工项目配方及生产工艺一致的测试板，检测机构应按现行行业标准《玻璃纤维增强水泥外墙板》JC/T 1057 或《玻璃纤维增强水泥（GRC）装饰制品》JC/T 940 进行检测。复试应在 GRC 构件正式投产后进行，每项工程宜复试 1 次，特殊要求应在合同中明确。

**11.2.4** 设计或合同有要求时应提供密封胶与 GRC 材料的相容性测试报告。

**11.2.5** GRC 外墙工程涉及的各类材料进场应按设计要求及相关质量标准验收，并应进行验收记录。进场验收记录表可按本标准附录 E 填写。

**11.2.6** 进场 GRC 构件应进行外观、包装、尺寸抽查，抽查比例不应小于 1%（件数或面积）。

## 11.3 中间验收

11.3.1 GRC 外墙工程应进行阶段性施工质量的中间验收，并应填写验收记录。中间验收记录表可按本标准附录 E 填写。

11.3.2 中间验收应符合下列规定：

1 GRC 构件的造型、尺寸、表面效果应符合设计或样板要求；

2 GRC 构件的预埋件、锚固件、连接件、安装孔、槽应符合设计要求；

3 GRC 构件与主体结构连接应符合设计要求，安装必须牢固；

4 GRC 外墙工程的保温、防水、防污、防火、防雷的处理应符合设计要求；

5 GRC 外墙密封施工和接缝处理应符合设计要求；

6 GRC 构件安装质量要求应符合本标准第 10.5 节的规定。

## 11.4 竣工验收

11.4.1 GRC 外墙工程竣工验收前应将其表面全面清洗干净。

11.4.2 GRC 外墙工程竣工验收时应提交下列资料：

1 通过审查并经建筑设计单位确认的有关 GRC 外墙设计图纸、结构计算书、设计变更文件等；

2 进场验收及中间验收阶段相关联的合格证、检测报告、验收记录；

3 设计单位提出检测要求的涉及 GRC 构件中预埋件、锚固件、连接件拉拔及剪切性能检测报告；

4 隐蔽工程中间验收记录；

5 设计单位提出检测要求的涉及外墙系统性能的检测报告；

6 现场安装的施工记录；

7 GRC 外墙工程竣工验收表；

8 其他合同有要求的质量保证资料。

## I 主控项目

**11.4.3** GRC 外墙总体造型、表面效果应符合设计或样板要求。

检验数量：全数检验。

检验方法：观察。

**11.4.4** GRC 外墙及主体结构的预埋件、锚固件、连接件应符合设计要求。

检验数量：按批检验。

检验方法：检查材料进场记录；检查隐蔽工程中间验收记录。

**11.4.5** GRC 构件与主体结构连接应符合设计要求，安装必须牢固。

检验数量：按批检验。

检验方法：观察；检查隐蔽工程中间验收记录。

**11.4.6** GRC 外墙工程的保温、防水、防污、防火、防雷的处理应符合设计要求。

检验数量：按批检验。

检验方法：观察；检查中间验收记录。

**11.4.7** GRC 外墙密封施工和接缝处理应符合设计要求。

检验数量：按批检验。

检验方法：观察；淋水试验；检查施工记录和中间验收记录。

**11.4.8** GRC 外墙安装偏差应符合本标准第 10.5.3 条的规定。

检验数量：按批检验。

检验方法：观察；测量；检查施工记录和中间验收记录。

## II 一般项目

**11.4.9** GRC 外墙嵌缝（含开放式外墙板的明缝及滴水线）应横平竖直，表面应光滑、平整、无污染。

检验数量：全数检验。

检验方法：观察。

**11.4.10** GRC外墙整体颜色应统一，局部色差和修补痕迹应在6m距离观察不明显。

检验数量：全数检验。

检验方法：观察。

**11.4.11** 面板表面应无凹坑、缺边掉角、开裂、破损、斑痕、污染等3m距离可见明显缺陷。

检验数量：全数检验。

检验方法：观察。

## 12 维修与保养

### 12.1 一般规定

12.1.1 GRC 外墙工程竣工验收时，施工单位应向业主提供 GRC 使用维护说明书，说明书应包括下列内容：

- 1 施工方的保修责任及后期服务项目；
- 2 定期检查、维护、保养要求；
- 3 使用注意事项。

12.1.2 GRC 外墙工程的保修期不应少于 2 年。

12.1.3 GRC 外墙表面检查、清洗、维护和保养应根据 GRC 使用维护说明书进行，高空作业应符合现行行业标准《建筑施工高处作业安全技术规程》JGJ 80 的有关规定。

### 12.2 检查与维修

12.2.1 GRC 外墙工程竣工验收后一年，应对 GRC 外墙进行一次检查，此后每 5 年检查一次，使用 10 年后应每 3 年全面检查一次，检查项目应符合下列规定：

- 1 当 GRC 构件出现变形、错位、松动时，应进一步检查该构件对应的隐蔽构造；
- 2 GRC 外墙安装结构、连接件、连接螺栓、预埋件、锚固件、锚固块连接应可靠，应无锈蚀并不应危害结构安全等；
- 3 GRC 外墙嵌缝应无脱胶、开裂和老化，应无渗漏情况；
- 4 GRC 构件应无结构性裂纹；
- 5 GRC 外墙表面应无污染情况及防水效果良好。

12.2.2 对检查中发现的结构安全隐患应根据 GRC 使用维护说明书进行维修或更换。

12.2.3 对检查中发现的局部破损、螺栓松动、连接件锈蚀、密

密封胶损坏等应及时维修。

**12.2.4** 在地震、台风、火灾等重大自然灾害发生后，应进行全面检查。

### **12.3 清洗和保养**

**12.3.1** GRC 板面应避免受到人为污染和破坏，板面应清洁。

**12.3.2** 应在防护剂防护效果有效年限期满或实际防护效果已经不能满足使用要求时进行防护剂的再次施工。

**12.3.3** GRC 外墙的清洗周期应根据地域及产品表面污染的实际情况确定，不应少于每年 1 次，宜采用中性清洗材料，不宜使用具有腐蚀性的清洗材料。

**12.3.4** 建筑投入使用后应避免对产品的二次破坏。当需对 GRC 外墙进行钻孔、切割、调整产品与结构连接方式等处理时，应制定施工方案。

## 附录 A 耐候钢强度设计值

A.0.1 耐候钢强度设计值可按表 A.0.1 确定。

表 A.0.1 耐候钢强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>)

钢号	厚度 $t$ (mm)	屈服强度 $\sigma_s$	抗拉强度 $f_u$	抗剪强度 $f_v$	承压强度 $f_{ce}$
Q235NH	$t \leq 16$	235	216	125	295
	$16 < t \leq 40$	225	207	120	295
	$40 < t \leq 60$	215	198	115	295
	$t > 60$	215	198	115	295
Q295NH	$t \leq 16$	295	271	157	344
	$16 < t \leq 40$	285	262	152	344
	$40 < t \leq 60$	275	253	147	344
	$60 < t \leq 100$	255	235	136	344
Q355NH	$t \leq 16$	355	327	189	402
	$16 < t \leq 40$	345	317	184	402
	$40 < t \leq 60$	335	308	179	402
	$60 < t \leq 100$	325	299	173	402
Q460NH	$t \leq 16$	460	414	240	451
	$16 < t \leq 40$	450	405	235	451
	$40 < t \leq 60$	440	396	230	451
	$60 < t \leq 100$	430	387	224	451
Q295GNH (热轧)	$t \leq 6$	295	271	157	320
	$t > 6$	295	271	157	320
Q295GNHL (热轧)	$t \leq 6$	295	271	157	353
	$t > 6$	295	271	157	353

续表 A. 0. 1

钢号	厚度 $t$ (mm)	屈服强度 $\sigma_s$	抗拉强度 $f_u$	抗剪强度 $f_v$	承压强度 $f_{ce}$
Q345GNH (热轧)	$t \leq 6$	345	317	184	361
	$t > 6$	345	317	184	361
Q345GNHL (热轧)	$t \leq 6$	345	317	184	394
	$t > 6$	345	317	184	394
Q390GNH (热轧)	$t \leq 6$	390	359	208	402
	$t > 6$	390	359	208	402
Q295GNH (冷轧)	$t \leq 2.5$	260	239	139	320
Q295GNHL (冷轧)	$t \leq 2.5$	260	239	139	320
Q345GNHL (冷轧)	$t \leq 2.5$	320	294	171	369

## 附录 B 钢结构连接强度设计值

**B. 0. 1** 钢结构连接的强度设计值应符合下列规定：

1 钢结构连接的强度设计值应分别按表 B. 0. 1-1、B. 0. 1-2 确定。

表 B. 0. 1-1 螺栓连接的强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>)

螺栓的性能等级和 构件钢材的牌号		普通螺栓						承压型连接 高强度螺栓		
		C级螺栓			A级、B级螺栓			抗拉 $f_t^b$	抗剪 $f_v^b$	承压 $f_c^b$
		抗拉 $f_t^b$	抗剪 $f_v^b$	承压 $f_c^b$	抗拉 $f_t^b$	抗剪 $f_v^b$	承压 $f_c^b$			
普通螺栓	4. 6级 4. 8级	170	140	—	—	—	—	—	—	—
	5. 6级	—	—	—	210	190	—	—	—	—
	8. 8级	—	—	—	400	320	—	—	—	—
承压型连接 高强度螺栓	8. 8级	—	—	—	—	—	—	400	250	—
	10. 9级	—	—	—	—	—	—	500	310	—
构件	Q235 钢	—	—	305	—	—	405	—	—	470
	Q345 钢	—	—	385	—	—	510	—	—	590
	Q390 钢	—	—	400	—	—	530	—	—	615

- 注：1 A级螺栓用于公称直径  $d$  不大于 24mm、螺杆公称长度不大于  $10d$  且不大于 150mm 的螺栓；  
 2 B级螺栓用于公称直径  $d$  大于 24mm、螺杆公称长度大于  $10d$  或大于 150mm 的螺栓；  
 3 A、B级螺栓孔的精度和孔壁表面粗糙度，C级螺栓孔允许偏差和孔壁表面的表面粗糙度，均应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的要求。

表 B.0.1-2 焊缝的强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>)

焊接方法和 焊条型号	构件钢材		对接焊缝			角焊缝	
	牌号	厚度或 直径 $d$ (mm)	抗压 $f_c^w$	抗拉和抗弯受拉 $f_t^w$		抗剪 $f_v^w$	抗拉、 抗压和 抗剪 $f^w$
				一级、二级	三级		
自动焊、半自 动焊和 E43 型焊 条的手工焊	Q235 钢	$d \leq 16$	215	215	185	125	160
		$16 < d \leq 40$	205	205	175	120	160
		$40 < d \leq 60$	200	200	170	115	160
自动焊、半自 动焊和 E50 型焊 条的手工焊	Q345 钢	$d \leq 16$	310	310	265	180	200
		$16 < d \leq 35$	295	295	250	170	200
		$35 < d \leq 50$	265	265	225	155	200
自动焊、半自 动焊和 E55 型焊 条的手工焊	Q390 钢	$d \leq 16$	350	350	300	205	220
		$16 < d \leq 35$	335	335	285	190	220
		$35 < d \leq 50$	315	315	270	180	220
自动焊、半自 动焊和 E55 型焊 条的手工焊	Q420 钢	$d \leq 16$	380	380	320	220	220
		$16 < d \leq 35$	360	360	305	210	220
		$35 < d \leq 50$	340	340	290	195	220

注：1 表中的一级、二级、三级是指焊缝质量等级，应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定；厚度小于 8mm 钢材的对接焊缝，不应采用超声探伤确定焊缝质量等级；

2 自动焊和半自动焊所采用的焊丝和焊剂，应保证其熔敷金属力学性能不低于现行国家标准《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》GB/T 5293 和《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》GB/T 12470 的有关规定；

3 表中厚度是指计算点的钢材厚度，对轴心受力构件是指截面中较厚板件的厚度。

2 当单面连接的单角钢按轴心受力计算强度和连接时，强度设计值应乘以折减系数 0.85；当施工条件较差的高空安装焊接时，强度设计值应乘以折减系数 0.90。当以上两种情况同时存在时，强度设计值折减系数应连乘。

## 附录 C 预埋件设计

**C.0.1** 由锚板和对称配置的直锚筋所组成的受力预埋件（图 C.0.1），其锚筋的总截面面积  $A_s$  应符合下列规定：

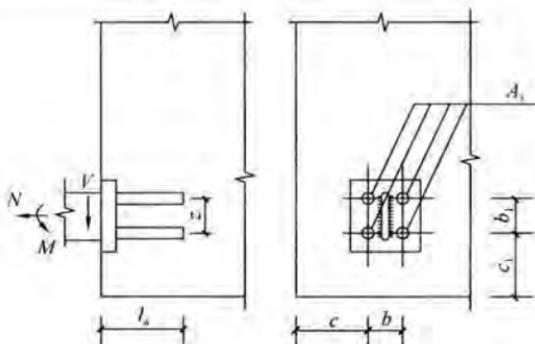


图 C.0.1 锚板和直锚筋组成的预埋件示意

1 当有剪力、法向拉力和弯矩共同作用时，应分别按下列公式计算，并应取二者的较大值：

$$A_s \geq \frac{V}{\alpha_r \alpha_v f_v} + \frac{N}{0.8 \alpha_b f_y} + \frac{M}{1.3 \alpha_r \alpha_b f_y z} \quad (\text{C.0.1-1})$$

$$A_s \geq \frac{N}{0.8 \alpha_b f_y} + \frac{M}{0.4 \alpha_r \alpha_b f_y z} \quad (\text{C.0.1-2})$$

2 当有剪力、法向压力和弯矩共同作用时，应分别按下列公式计算，并应取二者的较大值：

$$A_s \geq \frac{V - 0.3N}{\alpha_r \alpha_v f_y} + \frac{M - 0.4Nz}{1.3 \alpha_r \alpha_b f_y z} \quad (\text{C.0.1-3})$$

$$A_s \geq \frac{M - 0.4Nz}{0.4 \alpha_r \alpha_b f_y z} \quad (\text{C.0.1-4})$$

$$\alpha_v = (4.0 - 0.08d) \sqrt{\frac{f_c}{f_y}} \quad (\text{C.0.1-5})$$

$$\alpha_{bh} = 0.6 + 0.25 \frac{t}{d} \quad (\text{C.0.1-6})$$

式中： $V$ ——剪力设计值 (N)；

$N$ ——法向拉力或法向压力设计值 (N)，法向压力设计值不应大于  $0.5f_c A$ ，此处  $A$  为锚板的面积 ( $\text{mm}^2$ )；

$M$ ——弯矩设计值 (Nmm)，当  $M$  小于  $0.4Nz$  时，取  $M$  等于  $0.4Nz$ ；

$\alpha_r$ ——锚筋层数影响系数，当锚筋等间距配置时，二层取 1.0，三层取 0.9，四层取 0.85；

$\alpha_v$ ——锚筋受剪承载力系数，当  $\alpha_v$  大于 0.7 时，取  $\alpha_v$  等于 0.7；

$d$ ——钢筋直径 (mm)；

$t$ ——锚板厚度 (mm)；

$\alpha_{bh}$ ——锚板弯曲变形折减系数，当采取防止锚板弯曲变形的措施时，取  $\alpha_{bh}$  等于 1.0；

$z$ ——沿剪力作用方向最外层锚筋中心线之间的距离 (mm)；

$f_c$ ——混凝土轴心抗压强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定采用；

$f_y$ ——钢筋抗拉强度设计值 ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定确定，但不应大于  $300\text{N}/\text{mm}^2$ 。

**C.0.2** 预埋件的锚板宜采用 Q235 或 Q345 级钢。锚筋应采用 HRB400 级热轧钢筋，严禁采用冷加工钢筋。

**C.0.3** 预埋件的受力直锚筋不宜少于 4 根，且不宜多于 4 层；其直径不宜小于 8mm，且不宜大于 25mm。受剪预埋件的直锚

筋可采用 2 根。预埋件的锚筋应放置在构件的外排主筋的内侧。

**C.0.4** 直锚筋与锚板应采用 T 形焊。当锚筋直径不大于 20mm 时，宜采用压力埋弧焊；当锚筋直径大于 20mm 时，宜采用穿孔塞焊。当采用手工焊时，焊缝高度不宜小于 6mm 及 0.5*d*（HPB300 级钢筋）或 0.6*d*（HRB400 级钢筋），*d* 为锚筋直径。

**C.0.5** 受拉直锚筋和弯折锚筋的锚固长度应符合下列规定：

1 当计算中充分利用锚筋的抗拉强度时，其锚固长度应按下式计算：

$$l_a = \alpha_s \frac{f_y}{f_t} d \quad (\text{C.0.5})$$

式中： $l_a$ ——受拉钢筋锚固长度（mm）；

$f_t$ ——混凝土轴心抗拉强度设计值，按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定取用；当混凝土强度等级高于 C40 时，按 C40 取值；

$d$ ——锚筋公称直径（mm）；

$\alpha_s$ ——锚筋的外形系数，光圆钢筋取 0.16，带肋钢筋取 0.14。

2 抗震设计的外墙，钢筋锚固长度应按本标准公式（C.0.5）计算值的 1.1 倍确定。

3 当锚筋的拉应力设计值小于钢筋抗拉强度设计值  $f_y$  时，其锚固长度可适当减小，但不应小于 15 倍锚固钢筋直径。

**C.0.6** 受剪和受压直锚筋的锚固长度不应小于 15 倍锚固钢筋直径。除受压直锚筋外，当采用 HPB300 级钢筋时，钢筋末端应作 180°弯钩，弯钩平直段长度不应小于 3 倍的锚筋直径。

**C.0.7** 锚板厚度应根据其受力情况按计算确定，且宜大于锚筋直径的 0.6 倍。锚筋中心至锚板边缘的距离  $c$  不应小于锚筋直径的 2 倍和 20mm 的较大值。

对受拉和受弯预埋件，其钢筋的间距  $b$ 、 $b_1$  和锚筋至构件边缘的距离  $c$ 、 $c_1$  均不应小于锚筋直径的 3 倍和 45mm 的较

大值。

对受剪预埋件，其锚筋的间距  $b$ 、 $b_1$  均不应大于 300mm，且  $b_1$  不应小于锚筋直径的 6 倍及 70mm 的较大值；锚筋至构件边缘的距离  $c_1$  不应小于锚筋直径的 6 倍及 70mm 的较大值，锚筋的间距  $b$ 、锚筋至构件边缘的距离  $c$  均不应小于锚筋直径的 3 倍和 45mm 的较大值。

## 附录 D 双向板计算系数

**D.0.1** 双向板挠度和弯矩应按下列公式计算：

$$u = \mu \frac{q_k l_x^4}{D} \quad (\text{D.0.1-1})$$

$$M = m q_k l_x^2 \quad (\text{D.0.1-2})$$

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)} \quad (\text{D.0.1-3})$$

$$m = m_x + \nu m_y \quad (\text{D.0.1-4})$$

式中：  
 $u$ ——双向板挠度 (mm)；  
 $q_k$ ——垂直于双向板平面的荷载标准值；  
 $M$ ——双向板弯矩 (Nmm)；  
 $l_x$ ——双向板板区格短边边长 (mm)；  
 $D$ ——刚度 (Nmm)；  
 $E$ ——弹性模量 (N/mm<sup>2</sup>)；  
 $h$ ——板厚 (mm)；  
 $\nu$ ——泊松比；  
 $m$ ——弯矩系数；  
 $\mu$ ——板中心点的挠度系数；  
 $m_x$ ——短边板跨中心点处的弯矩系数；  
 $m_y$ ——长边板跨中心点处的弯矩系数。

**D.0.2** 当四边简支 (图 D.0.2) 时，挠度系数和弯矩系数应按表 D.0.2 取值。

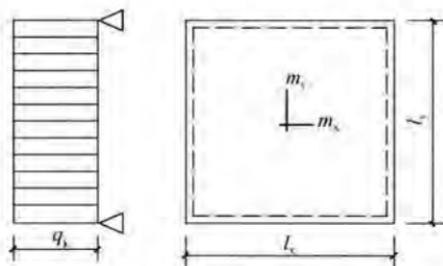


图 D.0.2 四边简支计算简图

表 D.0.2 四边简支挠度系数和弯矩系数

$l_x/l_y$	$\mu$	$m_x$	$m_y$	$l_x/l_y$	$\mu$	$m_x$	$m_y$
0.50	0.01013	0.0965	0.0174	0.80	0.00603	0.0561	0.0334
0.55	0.00940	0.0892	0.0210	0.85	0.00547	0.0506	0.0348
0.60	0.00867	0.0820	0.0242	0.90	0.00496	0.0456	0.0358
0.65	0.00796	0.0750	0.0271	0.95	0.00449	0.0410	0.0364
0.70	0.00727	0.0683	0.0296	1.00	0.00406	0.0368	0.0368
0.75	0.00663	0.0620	0.0317				

注：1 使板的受荷面受压者弯矩系数为正；

2 变位方向与荷载方向相同者挠度系数为正。

**D.0.3** 当三边简支、一边固定（图 D.0.3）时，挠度系数和弯矩系数应按表 D.0.3 取值。

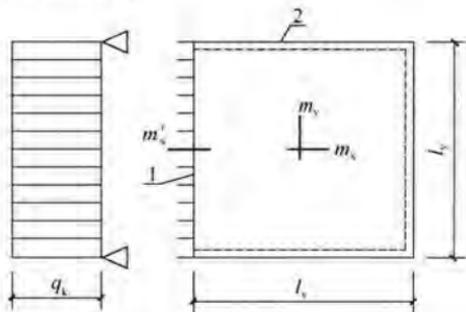


图 D.0.3 三边简支、一边固定计算简图

1—固定边；2—简支边

表 D. 0.3 三边简支、一边固定挠度系数和弯矩系数

$l_x/l_y$	$l_y/l_x$	$\mu$	$\mu_{max}$	$m_x$	$m_{xmax}$	$m_y$	$m_{ymax}$	$m'_x$
0.50		0.00488	0.00504	0.0583	0.0646	0.0060	0.0063	-0.1212
0.55		0.00471	0.00492	0.0563	0.0618	0.0081	0.0087	-0.1187
0.60		0.00453	0.00472	0.0539	0.0589	0.0104	0.0111	-0.1158
0.65		0.00432	0.00448	0.0513	0.0559	0.0126	0.0133	-0.1124
0.70		0.00410	0.00422	0.0485	0.0529	0.0148	0.0154	-0.1087
0.75		0.00388	0.00399	0.0457	0.0496	0.0168	0.0174	-0.1048
0.80		0.00365	0.00376	0.0428	0.0463	0.0187	0.0193	-0.1007
0.85		0.00343	0.00352	0.0400	0.0431	0.0204	0.0211	-0.0965
0.90		0.00321	0.00329	0.0372	0.0400	0.0219	0.0226	-0.0922
0.95		0.00299	0.00306	0.0345	0.0369	0.0232	0.0239	-0.0880
1.00	1.00	0.00279	0.00285	0.0319	0.0340	0.0243	0.0249	-0.0839
	0.95	0.00316	0.00324	0.0324	0.0345	0.0280	0.0287	-0.0882
	0.90	0.00360	0.00368	0.0328	0.0347	0.0322	0.0330	-0.0926
	0.85	0.00409	0.00417	0.0329	0.0347	0.0370	0.0378	-0.0970
	0.80	0.00464	0.00473	0.0326	0.0343	0.0424	0.0433	-0.1014
	0.75	0.00526	0.00536	0.0319	0.0336	0.0485	0.0494	-0.1056
	0.70	0.00596	0.00605	0.0308	0.0323	0.0553	0.0562	-0.1096
	0.65	0.00670	0.00680	0.0291	0.0306	0.0627	0.0637	-0.1133
	0.60	0.00752	0.00762	0.0268	0.0289	0.0707	0.0717	-0.1166
	0.55	0.00838	0.00848	0.0239	0.0271	0.0792	0.0801	-0.1193
	0.50	0.00927	0.00935	0.0205	0.0249	0.0880	0.0888	-0.1215

注：1 使板的受荷面受压者弯矩系数为正，反之为负；

2 变位方向与荷载方向相同者挠度系数为正；

3  $\mu_{max}$ ——最大挠度系数；

4  $m_{xmax}$ ——短边板跨内最大挠度系数；

5  $m_{ymax}$ ——长边板跨内最大挠度系数；

6  $m'_x$ ——固定边中点沿  $l_x$  方向的弯矩系数。

D. 0.4 当对边简支、对边固定（图 D. 0.4）时，挠度系数和弯矩系数应按表 D. 0.4 取值。

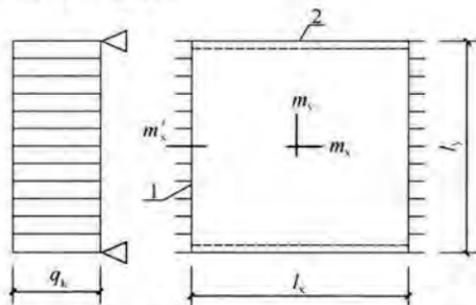


图 D. 0.4 对边简支、对边固定计算简图  
1—固定边；2—简支边

表 D.0.4 对边简支、对边固定挠度系数和弯矩系数

$l_x/l_y$	$l_y/l_x$	$\mu$	$m_x$	$m_y$	$m'_x$
0.50		0.00261	0.0416	0.0017	-0.0843
0.55		0.00259	0.0410	0.0028	-0.0840
0.60		0.00255	0.0402	0.0042	-0.0834
0.65		0.00250	0.0392	0.0057	-0.0826
0.70		0.00243	0.0379	0.0072	-0.0814
0.75		0.00236	0.0366	0.0088	-0.0799
0.80		0.00228	0.0351	0.0103	-0.0782
0.85		0.00220	0.0335	0.0118	-0.0763
0.90		0.00211	0.0319	0.0133	-0.0743
0.95		0.00201	0.0302	0.0146	-0.0721
1.00	1.00	0.00192	0.0285	0.0158	-0.0698
	0.95	0.00223	0.0296	0.0189	-0.0746
	0.90	0.00260	0.0306	0.0224	-0.0797
	0.85	0.00303	0.0314	0.0266	-0.0850
	0.80	0.00254	0.0319	0.0316	-0.0901
	0.75	0.00413	0.0321	0.0374	-0.0959
	0.70	0.00482	0.0318	0.0441	-0.1013
	0.65	0.00560	0.0308	0.0518	-0.1066
	0.60	0.00647	0.0292	0.0604	-0.1114
	0.55	0.00743	0.0267	0.0698	-0.1156
	0.50	0.00844	0.0234	0.0798	-0.1191

注：1 使板的受荷面受压者弯矩系数为正，反之为负；

2 变位方向与荷载方向相同者挠度系数为正；

3 固定边中点沿  $l_x$  方向的弯矩系数。

## 附录 E GRC 外墙分项工程验收表

**E. 0.1** 进场验收记录应符合表 E. 0. 1 的规定。

**表 E. 0. 1 GRC 材料进场验收记录**

工程名称					检验日期	
生产厂家					检验批次	
验收数量	件, m <sup>2</sup>				抽检比例	%
抽检产品 编号	检验项目				检验结果	
	外观	尺寸	包装	其他		
检验结论						
签字栏	施工单位质检员			建设（监理）单位		
	年 月 日			年 月 日		

E.0.2 中间验收记录应符合表 E.0.2 的规定。

表 E.0.2 GRC 外墙分项安装工程中间验收记录

工程名称			
施工单位			
检验批次部位		批次数量	
检验项目		检验结果	
施工单位 验收结论		施工单位 检验员	年 月 日
监理单位 验收结论		监理 工程师	年 月 日

## 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 1 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 2 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 3 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 4 《建筑设计防火规范》GB 50016
- 5 《钢结构设计标准》GB 50017
- 6 《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018
- 7 《建筑物防雷设计规范》GB 50057
- 8 《民用建筑热工设计规范》GB 50176
- 9 《公共建筑节能设计标准》GB 50189
- 10 《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205
- 11 《铝合金结构设计规范》GB 50429
- 12 《钢结构焊接规范》GB 50661
- 13 《优质碳素结构钢》GB/T 699
- 14 《碳素结构钢》GB/T 700
- 15 《铝合金建筑型材》GB/T 5237
- 16 《埋弧焊用碳钢焊丝和焊剂》GB/T 5293
- 17 《埋弧焊用低合金钢焊丝和焊剂》GB/T 12470
- 18 《金属覆盖层 钢铁制件热浸镀锌层技术要求及试验方法》GB/T 13912
- 19 《硅酮和改性硅酮建筑密封胶》GB/T 14683
- 20 《玻璃纤维增强水泥性能试验方法》GB/T 15231
- 21 《建筑用硅酮结构密封胶》GB 16776
- 22 《建筑幕墙》GB/T 21086
- 23 《石材用建筑密封胶》GB/T 23261
- 24 《民用建筑电气设计规范》JGJ 16

- 25 《严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 26
- 26 《夏热冬暖地区居住建筑节能设计标准》JGJ 75
- 27 《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80
- 28 《高层民用建筑钢结构技术规程》JGJ 99
- 29 《居住建筑节能检测标准》JGJ/T 132
- 30 《夏热冬冷地区居住建筑节能设计标准》JGJ 134
- 31 《混凝土结构后锚固技术规程》JGJ 145
- 32 《聚氨酯建筑密封胶》JC/T 482
- 33 《混凝土接缝用建筑密封胶》JC/T 881
- 34 《玻璃纤维增强水泥（GRC）装饰制品》JC/T 940
- 35 《玻璃纤维增强水泥外墙板》JC/T 1057
- 36 《混凝土结构工程用锚固胶》JG/T 340