

ICS 93.080.20
CCS P 66

TMAC

团 体 标 准

T/TMAC XXX-2022

公路工程玄武岩纤维复合筋设计与施工 规范

Specification for design and construction of basalt fiber composite bars for
highway engineering

2022-XX-XX 发布

2022-XX-XX 实施

中国技术市场协会

发 布

中国技术市场协会（TMAC）是科技领域内国家一级社团，以宣传和促进科技创新，推动科技成果转移转化，规范交易行为，维护技术市场运行秩序为使命。为满足市场需要，做大做强科技服务业，依据《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》，中国技术市场协会有序开展标准化工作。本团体成员和相关领域组织及个人，均可提出修订 TMAC 标准的建议并参与有关工作。

TMAC 标准按《中国技术市场协会团体标准管理办法》《中国技术市场协会团体标准工作程序》制定和管理。

TMAC 标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议多数专家、成员的同意，方可予以发布。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料反馈至中国技术市场协会，以便修订时参考。

本标准著作权归中国技术市场协会所有。除了用于国家法律或事先得到

中国技术市场协会正式授权或许可外，不许以任何形式复制本标准。

第三方机构依据本标准开展认证、评价业务，须向中国技术市场协会提出申请并取得授权。

中国技术市场协会地址：北京市丰台区万丰路 68 号银座和谐广场 1101B

邮政编码：100036 电话：010-68270447 传真：010-68270453

网址：www.ctm.org.cn 电子信箱：136162004@qq.com

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 分类、规格与型号 2

 4.1 分类 2

 4.2 规格 2

 4.3 型号 2

5 外观与公称直径 3

 5.1 外观 3

 5.2 公称直径 3

6 力学性能 4

 6.1 基本性能 4

 6.2 力学性能影响因素 4

7 强度等级 4

8 检测方法 5

 8.1 外观与尺寸检测 5

 8.2 密度检测 6

 8.3 拉伸性能 6

 8.4 热膨胀系数 7

 8.5 耐碱性 7

 8.6 巴氏硬度与磁化率 7

 8.7 现场抽检与质量判定 7

9 设计要求 9

 9.1 一般规定 9

 9.2 设计拉伸强度 9

 9.3 设计截面面积 9

 9.4 铺装设计 10

10 施工要求 11

 10.1 一般规定 11

 10.2 切割要求 11

 10.3 筋网布置 11

 10.4 绑扎与搭接 12

 10.5 混凝土浇筑 12

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件中的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由北京好运达智创科技有限公司提出。

本文件由中国技术市场协会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

公路工程玄武岩纤维复合筋设计与施工规范

1 范围

本文件规定了公路工程玄武岩纤维复合筋的术语和定义，分类、规格与型号，外观与公称直径，力学性能，强度等级，检测方法，设计要求与施工要求等。

本文件适用于公路工程玄武岩纤维复合筋的设计施工与技术应用，对其他基建工程中利用玄武岩纤维复合筋部分替代传统钢筋施工应用也具有参考价值。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款，其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 1446—2005 纤维增强塑料性能试验方法总则
- GB/T 1463—2005 纤维增强塑料密度和相对密度试验方法
- GB/T 2572—2005 纤维增强塑料平均线膨胀系数试验方法
- GB/T 3854—2017 增强塑料巴柯尔硬度试验方法
- GB/T 17632—1998 土工布及其有关产品 抗酸、碱液性能的试验方法
- GB/T 38111—2019 玄武岩纤维分类分级及代号
- JT/T 776.4—2010 公路工程 玄武岩纤维及其制品 第4部分：玄武岩纤维复合筋
- JTG D40—2011 公路水泥混凝土路面设计规范
- JTG D62—2012 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范

3 术语和定义

GB/T 38111—2019、JT/T 776.4—2010 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

玄武岩纤维 basalt fiber

以一种或多种火山岩为主要原料，高温熔融后经漏板拉丝制备而成的连续纤维。

[来源：GB/T 38111—2019，3.1]

3.2

玄武岩纤维复合筋 basalt fiber composite bar

以玄武岩纤维为增强材料，与环氧树脂、乙烯基树脂和不饱和聚酯等树脂和填料、固化剂等基体相结合，经拉挤工艺成型的复合筋材。

[来源：JT/T 776.4—2010，3.1]

3.3

玄武岩纤维光圆复合筋 basalt fiber light round composite bar
横截面为圆形且表面光滑的成品玄武岩纤维复合筋。

3.4

玄武岩纤维肋圆复合筋 basalt fiber rib and round composite bar
横截面为圆形且表面带连续螺旋肋状的成品玄武岩纤维复合筋。

3.5

公称直径 nominal diameter
与玄武岩纤维复合筋的公称横截面积相等的圆的直径。

3.6

磁化率 magnetic susceptibility
标量（张量），该量与磁常数和磁场强度之积等于磁极化强度。

4 分类、规格与型号

4.1 分类

玄武岩纤维复合筋的分类如表 1 所示。

表 1 玄武岩纤维复合筋分类

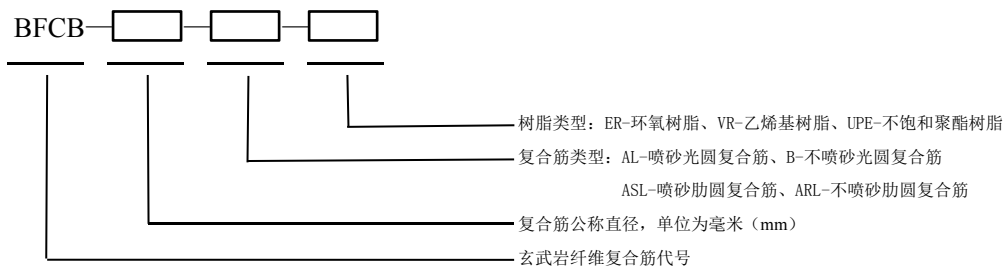
类别	分类	复合筋类型	
第一类	光圆复合筋	喷砂光圆复合筋	不喷砂光圆复合筋
第二类	肋圆复合筋	喷砂肋圆复合筋	不喷砂肋圆复合筋

4.2 规格

- 4.2.1 玄武岩纤维复合筋的公称直径范围为 3mm～50mm。
- 4.2.2 玄武岩纤维复合筋的一般公称直径规格为 6mm、8mm、10mm、12mm、13mm、14mm、15mm、16mm、18mm、20mm 和 25mm 等。

4.3 型号

玄武岩纤维复合筋型号的编写方式为：玄武岩纤维复合筋代号—复合筋公称直径—复合筋类型—树脂类型，如图 1 所示。



示例：公称直径为 8mm 的表面不喷砂肋圆乙烯基树脂玄武岩纤维筋的型号为 BFCB-8-ARL-VR

图 1 玄武岩纤维复合筋型号

5 外观与公称直径

5.1 外观

- 5.1.1 玄武岩纤维复合筋的杆体表面质地应均匀、无泡、无裂纹、无其他缺陷，纤维与树脂之间的界面不应存在破坏。
- 5.1.2 玄武岩纤维复合筋的肋形状宜为左旋或右旋的连续螺纹形状，其螺纹牙距应整齐，无损伤。
- 5.1.3 喷砂复合筋的轴向无砂区不得大于 20cm，径向无砂区不得大于 1/3，每延米无砂区不超过 3 处。

5.2 公称直径

玄武岩纤维复合筋的公称直径及允许偏差值应符合如表 2 所示的规定。

表 2 公称直径及允许偏差值（mm）

公称直径	内径	
	公称尺寸	允许偏差
<6	—	—
8	5.8	±0.3
10	6.8	±0.4
12	7.7	
13	9.6	
14	11.5	
15	13.4	
16	15.4	
18	17.3	
20	19.3	±0.5
25	24.2	

6 力学性能

6.1 基本性能

玄武岩纤维复合筋的基本性能应符合如表 3 所示的规定。

表 3 基本性能

性能		指标
密度 (g/cm ³)		1.8~2.2
拉伸强度 (MPa)		≥750
抗拉弹性模量 (GPa)		≥40
断裂伸长率 (%)		>2
抗剪强度 (MPa)		≥150
与混凝土间粘结强度 (MPa)		>15
热膨胀系数 (×10 ⁻⁶ /°C)	横向	21~22
	纵向	6~12
巴氏硬度 (HBa)		≥65
耐碱性 (%)		≥85
磁化率 (4 π × 10 ⁻⁸ SI)		≤5 × 10 ⁻⁷

6.2 力学性能影响因素

6.2.1 影响玄武岩纤维复合筋耐久性能检验项目所在环境的因素主要包括以下方面：

- a) 水；
- b) 高温；
- c) 酸性环境；
- d) 碱性环境；
- e) 侵蚀性盐环境。

6.2.2 对于材料的环境影响因素试验应按照 GB/T 17632—1998 的规定进行。

7 强度等级

玄武岩纤维复合筋的强度等级要求如下：

- a) 玄武岩纤维复合筋的强度等级分类如表 4 所示。

表 4 强度等级分类

强度等级	拉伸强度标准值 f_s^* (MPa)	拉伸强度极限值 f_s (MPa)
BF75	750	$750 \leq f_s < 850$
BF85	850	$850 \leq f_s < 950$
BF95	950	$950 \leq f_s < 1050$
BF105	1050	$1050 \leq f_s < 1150$
BF115	1150	$1150 \leq f_s < 1250$
BF125	1250	$1250 \leq f_s < 1350$
BF135	1350	$f_s \geq 1350$

- b) 公路工程混凝土用玄武岩纤维复合筋的拉伸强度不应低于 750MPa。
- c) 玄武岩纤维复合筋生产企业应标明其强度等级。

8 检测方法

8.1 外观与尺寸检测

- 8.1.1 在自然光下对玄武岩纤维复合筋的外观进行距离不大于 0.5m 的目测检测，筋体表面外观应无损伤、无缺陷。
- 8.1.2 对玄武岩纤维复合筋的直径检测，宜用精度为 0.02mm 的游标卡尺测量，取平均值作为复合筋直径的测定值，当单个样本测量值与平均值差值不大于 15%时，方可将平均值作为测量结果。
- 8.1.3 对玄武岩纤维复合筋的长度检测，宜用精度为 1m 的卷尺测量，取平均值作为复合筋长度的测定值，当单个样本测量值与平均值差值不大于 15%时，方可将平均值作为测量结果。
- 8.1.4 对玄武岩纤维喷砂复合筋的直径检测，应以复合筋长度垂直方向的横截面积为准，公称直径为长轴和短轴之和的平均值。
- 8.1.5 对玄武岩纤维喷砂复合筋的外径检测，应取外观合格的喷砂复合筋试样 10cm，量取复合筋轴向两侧的边缘，以最大值和最小值之和的平均值作为外径。
- 8.1.6 在外观合格条件下，玄武岩纤维喷砂复合筋的外径偏差范围应符合以下要求：
 - a) 小于 $\phi 12$ 的复合筋外径不超过公称直径的 30%；
 - b) 大于等于 $\phi 12$ 的复合筋外径不超过公称直径的 20%。
- 8.1.7 玄武岩纤维肋圆复合筋的螺纹间距应为公称直径的 80%，螺纹深度应为公称直径的 10%。

8.2 密度检测

8.2.1 玄武岩纤维复合筋的密度检测应按照 GB/T 1463—2005 规定的浮力法进行。

8.2.2 选取试样的质量宜为 1g~5g，体积不小于 1cm³。

8.2.3 用于绑扎试样的金属丝直径小于 0.125mm，天平感量 0.0001g。

8.3 拉伸性能

8.3.1 玄武岩纤维复合筋的拉伸性能测试设备应符合 GB/T 1446—2005 规定的要求。

8.3.2 在电子万能试验机上测试时，应对试样两端进行锚固，以防止试样发生移动。

8.3.3 常用的测试拉伸性能的试样尺寸应符合如表 5 所示的规定。

表 5 常用的测试拉伸性能的试样尺寸 (mm)

符号	项目名称	φ 8	φ 10	φ 12
d	复合筋直径	8	10	12
D	锚固件外径	18	20	22
L ₁	试样长度	700	700	700
L ₂	锚固长度	200	250	300
L ₃	自由端长度	200	200	200
f	允许偏差	±0.5	±0.5	±0.5

8.3.4 夹具夹持试样应牢靠，不得出现滑移，且试样的中心线与上、下夹具的对准中心线一致。

8.3.5 拉伸试验之前应先进行拉伸装置的开机预操作，保证在试验过程中的荷载控制和位移控制仪器速率恒定。

8.3.6 测试应力加载速率宜为 200 MPa/min~500 MPa/min，同时应保证试件的破坏时间控制在 10min 之内。

8.3.7 进行拉伸试验时，应在试件中部安装数字引伸计，以 2mm/min 的加载速率进行加载直至试件破坏，并记录试件破坏时的最大拉应力与破坏形态。

8.3.8 若试件加载至极限承载力的 50%时，为保护试验设备，应摘除数字引伸计，而使用设备自带的位移采集设备进行应变采集。

8.3.9 拉伸强度根据式 (1) 进行计算，保留 2 位小数。

$$f_s = \frac{F_s}{A} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

f_s ——拉伸强度极限值，单位为 MPa；

F_s ——极限拉伸载荷，单位为 N；

A ——试件横截面积，单位为 mm^2 。

8.3.10 由极限承载能力的 20%~50%对应的数据经过下线性回归计算得到弹性模量，其计算由 20%和 50%极限承载力对应的应变加以确定。

8.3.11 弹性模量根据式（2）进行计算，保留 2 位小数。

$$E_L = \frac{F_1 - F_2}{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2) \times A} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

E_L ——轴向弹性模量，单位为 MPa；

F_1 、 ε_1 ——50%极限抗拉荷载及对应应变；

F_2 、 ε_2 ——20%极限抗拉荷载及对应应变；

A ——试件横截面积，单位为 mm^2 。

8.4 热膨胀系数

8.4.1 进行玄武岩纤维复合筋热膨胀系数检测前，先进行试样制备，要求如下：

- a) 试样为圆柱形，直径为 6mm~10mm；
- b) 试样端面也可以为正方形，端面边长为 5mm~7mm；
- c) 试样长度为 50mm、100mm；
- d) 试样端面应平整，并且与试样长轴相垂直，两端面不平行度应小于 0.04mm；
- e) 试样数量为 3 个，每个试样测量长度 3 次，取算术平均值，测量精度不低于 0.01mm。

8.4.2 热膨胀系数试验应按照 GB/T 2572—2005 的规定进行检测。

8.4.3 试验温度应控制在 -30℃~+30℃之间，以三个试样的计算结果平均值为最终结果，并计算到 2 位有效数字。

8.5 耐碱性

8.5.1 玄武岩纤维复合筋耐碱性检测应使用饱和的氢氧化钙溶液，并保持其恒定的温度为 60℃±1℃。

8.5.2 浸碱液的试样区域应不小于 100mm，需浸泡 3 天。

8.5.3 为方便对比浸泡前后效果，试样数量需要浸泡用 1 组、对比用 1 组，每组各 5 根。

8.6 巴氏硬度与磁化率

8.6.1 玄武岩纤维复合筋的巴氏硬度检测应按照 GB/T 3854—2017 的规定进行。

8.6.2 玄武岩纤维复合筋的磁化率检测应按照 JT/T 776.4—2010 的规定进行。

8.7 现场抽检与质量判定

8.7.1 玄武岩纤维复合筋送检组批以材料单次进场同一型号产品为一批，每批由若干盘数

组成。

8.7.2 玄武岩纤维复合筋抽检样品数量及质量判定限值应符合如表 6 所示的规定。

表 6 玄武岩纤维复合筋抽检样品数量及质量判定限值

单批盘数	取样盘数	质量判定限值	
		合格	不合格
1~5	全部取样	0	0
6~25	5	0	0
25~50	15	0	1
50 以上	20	1	2

8.7.3 质检人员根据现场条件自行确定抽检方案，但抽检样品不得低于表 6 中的要求。

8.7.4 公路工程混凝土用玄武岩纤维复合筋进行抽检时，应按照如表 7 所示的项目进行样品抽检。

表 7 公路工程玄武岩纤维复合筋抽检项目

检测项目	检测方法	判定规则
外观	8.1	对于同一检测批次样本测值不得少于 3 个，且与平均值差值不大于 15%时，方可将平均值作为本批次测定结果
尺寸	8.1	
密度	8.2	
拉伸强度	8.3	
弹性模量	8.3	
弯曲强度	8.3	
极限抗拉强度	8.3	
断裂伸长率	8.3	
热膨胀系数	8.4	
耐碱性	8.5	
巴氏硬度	8.6	
磁化率	8.6	
注：玄武岩纤维复合筋的磁化率应根据实际工程需求测定		

8.7.5 抽检样品应按照表 7 中所示检测项目进行全部检测，方可对该批次玄武岩纤维复合筋进行质量判定。

9 设计要求

9.1 一般规定

9.1.1 公路工程玄武岩纤维复合筋的设计，应参照 JTG D40—2011 与 JTG D62—2012 规定的要求进行设计。

9.1.2 玄武岩纤维复合筋不宜作为受压筋，可作为架立筋使用。

9.1.3 玄武岩纤维复合筋最小保护层厚度不应小于 15mm。

9.1.4 水泥混凝土面层配筋宜采用直径相同或相近的横向与纵向筋材，其直径差不应大于 4mm，筋材间距保持一致。

9.2 设计拉伸强度

玄武岩纤维复合筋拉伸强度设计值根据式（3）进行计算。

$$f_u = C_E \times f_s^* \dots\dots\dots (3)$$

式中：

f_u ——拉伸强度设计值，单位为 MPa；

f_s^* ——拉伸强度标准值，单位为 MPa；

C_E ——环境影响系数，取值如表 8 所示。

表 8 环境影响系数

环境情况	环境影响系数
暴露环境	0.8
未暴露环境	0.9

9.3 设计截面面积

在选用玄武岩纤维复合筋时，应根据等强度原则，按照式（4）计算选取玄武岩纤维复合筋的截面面积。

$$A_{xx} = \frac{A_{sf} \times f_{yf}}{f_u} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

A_{xx} ——纵向玄武岩纤维复合筋截面面积，单位为 mm²；

A_{sf} ——纵向钢筋截面面积，单位为 mm²；

f_{yf} ——钢筋抗拉设计强度，单位为MPa；

f_u ——玄武岩纤维复合筋抗拉强度设计值，单位为 MPa。

9.4 铺装设计

9.4.1 水泥混凝土桥面铺装层（不含整平层和垫层）的厚度不宜小于 80mm，混凝土强度等级不应低于 C40。

9.4.2 水泥混凝土桥面铺装层内布置玄武岩纤维复合筋网时，其筋材直径不应小于 6mm，筋材网格间距宜采用 10cm~20cm，不宜大于 20cm。

9.4.3 玄武岩纤维复合筋在公路路面铺装层中的设计应参照钢筋网，有以下两种方法：

a) 采用等间距、等强度来替代原有的钢筋网铺装层。按正常使用抗拉强度设计，用玄武岩纤维复合筋替代钢筋应保证其抗拉强度的承载能力一致，即式（5）：

$$f_{\text{钢}} S_{\text{钢}} = f_{\text{复}} S_{\text{复}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

f ——抗拉强度，单位为 MPa；

S ——筋的横截面积，单位为 mm^2 。

通过式（5）计算得到玄武岩纤维复合筋替代钢筋的直径关系对照如表 9 所示。

表 9 玄武岩纤维复合筋替代钢筋的直径关系对照

复合筋直径（mm）	钢筋直径（mm）
8	10
8	12
10	14
10	16
12	18
14	20
14	22
16	24
16	26
18	28
20	30

b) 采用等间距、等面积来替代原有的钢筋网铺装层。在钢筋网铺装层中，采用相同直径、等间距的玄武岩纤维复合筋替代钢筋网，这样能保证配筋率不变。

注：从经济上考虑，建议在公路路面铺装层设计中采用 9.4.3 中 a) 的设计方式。

10 施工要求

10.1 一般规定

10.1.1 公路工程玄武岩纤维复合筋施工前，应详细了解施工现场和施工工期情况，统筹安排玄武岩纤维复合筋的数量、长度、人员配置等。

10.1.2 玄武岩纤维复合筋网所采用的玄武岩纤维复合筋直径、间距，及设置位置、尺寸、层数等应符合设计图纸的要求。

10.1.3 玄武岩纤维复合筋在铺筑前，应按照设计图纸准确放样筋网设置位置、梁的位置及接缝位置。

10.1.4 施工过程中，不得在地面上拖曳玄武岩纤维复合筋材，防止造成筋材表面磨损，降低与混凝土的粘结力。

10.1.5 因受热引起局部弯曲的筋材不允许使用。

10.2 切割要求

10.2.1 玄武岩纤维复合筋的现场切割应按照施工设计图纸和现场工况进行切割。

10.2.2 施工人员应具有相应的安全防护装备。在玄武岩纤维复合筋切割过程中，应佩戴防护面具、防护眼镜及工作手套。

10.2.3 切割玄武岩纤维复合筋时，应使用高速切割机锯或无齿锯，不应使用剪刀进行剪裁。

10.2.4 切割时应拉直弯曲的筋材，方便筋网的布置，保证筋材间距准确。

10.3 筋网布置

10.3.1 布筋时，应准确定位筋的位置，严格按照施工图纸的间距和要求，进行玄武岩纤维复合筋网的布置。布筋时，应使纵横向筋拉直。

10.3.2 玄武岩纤维复合筋布置在接缝处、断面变化处、负弯矩位置时，应考虑使用钢筋进行加固处理，再进行玄武岩纤维复合筋网的布置。

注：在钢筋焊接时，应避免对玄武岩纤维复合筋造成破坏。

10.3.3 单层玄武岩纤维复合筋网的纵向筋铺设在面层表面下 $1/2 \sim 1/3$ 厚度范围内，横向筋位于纵向筋之下。

10.3.4 外侧玄武岩纤维复合筋中心至接缝或自由边的距离不宜小于 100mm。

10.3.5 双层玄武岩纤维复合筋网纵筋应分别安装在上层顶部和下层底部。

10.3.6 双层玄武岩纤维复合筋网上、下层之间的绑扎支架或环形绑扎箍筋不应少于 4 个/ $\text{m}^2 \sim 6$ 个/ m^2 。

10.3.7 双层玄武岩纤维复合筋网底部可采用绑扎架立玄武岩纤维复合筋，或用 30mm 厚的混凝土垫块支撑，数量不少于 4 个/ $\text{m}^2 \sim 6$ 个/ m^2 。

10.3.8 双层玄武岩纤维复合筋网底部到基层表面应有不小于 30mm 的保护层,顶部离面板表面应有不小于 50mm 的耐磨保护层。

10.4 绑扎与搭接

10.4.1 纵横向筋采用不锈钢丝进行绑扎,绑扎时做到不漏绑,应注意筋材间距是否符合要求,如不符应进行间距矫正。

10.4.2 纵横向筋需要搭接时,应注意搭接长度,玄武岩纤维复合筋绑扎搭接长度不应小于其公称直径的 35 倍。

10.4.3 同一垂直断面上玄武岩纤维复合筋绑扎接头数量不应多于 1 个,相邻玄武岩纤维复合筋的绑扎接头应交错布置,接头间距不应小于 500mm。

10.4.4 玄武岩纤维复合筋网及骨架绑扎允许偏差需满足如表 10 所示的要求。

表 10 玄武岩纤维复合筋网及骨架绑扎允许偏差

项目	允许偏差 (mm)
筋网的长度与宽度	±10
网眼尺寸	±20
骨架宽度及高度	±5
骨架长度	±15
箍筋间距	±20

10.5 混凝土浇筑

10.5.1 在混凝土浇筑前,应将玄武岩纤维复合筋网固定在支架上,或用混凝土垫块将筋网抬高固定,不得出现贴地、移位、松脱、变形等。

10.5.2 在混凝土浇筑前,应对布置的玄武岩纤维复合筋网进行检查,验收合格后,方可开始混凝土浇筑。

10.5.3 在混凝土浇筑中,应随时注意玄武岩纤维复合筋网是否发生断裂,若发现有断裂现象,应立即进行搭接。