

ICS 93.040.01

CCS P 28

团 体 标 准

T/JSJTQX 74—2025

玄武岩纤维水泥混凝土及纤维增韧 复合材料桥面铺装施工应用指南

Guidelines for the application of basalt Fiber reinforced
cement concrete and fiber toughened composite materials in
Bridge deck pavement construction

2025-06-20 发布

2025-07-01 实施

江苏省交通企业协会

发布

目 次

前 言II

1 范围1

2 规范性引用文件1

3 术语和定义2

4 基本规定3

5 材料3

 5.1 玄武岩纤维3

 5.2 玄武岩纤维复合筋4

 5.3 玄武岩纤维复合材料网格5

6 施工6

 6.1 施工准备6

 6.2 筋材和网格铺设6

 6.3 玄武岩纤维水泥混凝土8

 6.4 玄武岩纤维水泥混凝土拌制、运输和浇筑9

附 录 A （资料性） 玄武岩纤维复合筋和玄武岩短切纤维现场抽检规则11

 A.1 玄武岩纤维复合筋.....11

 A.2 玄武岩短切纤维.....11

附 录 B （资料性） 玄武岩纤维混凝土配合比设计13

 B.1 一般规定13

 B.2 设计要求.....13

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。

本文件由江苏省交通企业协会提出并归口。

本文件起草单位：常州交通建设管理有限公司、中铁四局集团有限公司、湖南交通职业技术学院、江苏常鑫路桥集团有限公司、中石化胜利建设工程有限公司、江苏绿材谷新材料科技发展有限公司、东南大学、无锡市城市道桥科技有限公司、江苏广亚建设集团有限公司、中交二公局第三工程有限公司、无锡市市政设施建设工程有限公司、无锡市航道工程有限公司、无锡交通建设工程集团有限公司、江苏三汇建设工程有限公司、江苏禹诚检测科技有限公司、常州市交通运输综合行政执法支队、江苏森淼工程质量检测有限公司。

本文件主要起草人：徐东平、俞科峰、贾丽杰、周建坤、毛安静、韩辉、邓晓杰、汤彬伟、程伟、郭文豪、赵虎、李剑、顾曦辰、顾金才、张建民、张进武、朱伟、万俊、徐德民、包旭、王涛、孙达、裴涛、杨磊、冯扬、汤华敏、周健、王艳、史碧莲、史娜萍、吴昊、袁勇、汪昕、魏星、王玲丹、王骏、魏光伟、邵中磊、顾周南、魏汝浩、谷蒙川、严建和、史瑞文、葛成龙、杨宇宸、汪孔华、葛克辛、钱钧、王永友、孙浩、何小石、钱龙、贡刚伟、羊海文、于雪芹、窦传刚、潘阳、费萌、余绍雄、陈军、刘强、周婷、唐柯、刘路、姜超、曹磊宇、陈涛、陈文凯、陆宇卿、彭杰、李明江、邵壹、邱俊彦、杨建明、沈峰、贺建明、何知洋、崔荣、王芮文。

本文件由东南大学城市工程科学技术研究院教授级高级工程师魏星、江苏大学、南京工业大学研究生校外导师王芮文主审。

。

玄武岩纤维水泥混凝土及纤维增韧复合材料桥面铺装施工应用指南

1 范围

本文件规定了玄武岩纤维混凝土及纤维增韧复合材料在桥面铺装施工中的应用的基本规定、材料、施工等内容。

本文件适用于公路桥梁水泥混凝土桥面铺装（含混凝土调平层）玄武岩纤维混凝土及玄武岩纤维增韧复合材料的施工。

2 规范性引用文件

下列文件中内容通过文中规范性引用而构成本文件必不可少条款。其中，注日期引用文件，仅该日期对应版本适用于本文件；不注日期引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 1447 纤维增强塑料拉伸性能试验方法
- GB/T 1463 纤维增强塑料密度和相对密度试验方法
- GB/T 2572 纤维增强塑料平均线膨胀系数试验方法
- GB/T 3217 永磁(硬磁)材料 磁性试验方法
- GB/T 3811 玄武岩纤维分类分级及代号
- GB/T 7690.1 增强材料 纱线试验方法 第1部分:线密度的测定
- GB/T 7690.3 增强材料 纱线试验方法 第3部分:玻璃纤维断裂强力和断裂伸长的测定
- GB/T 7690.5 增强材料 纱线试验方法 第5部分:玻璃纤维纤维直径的测定
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB/T 9914.1 增强制品试验方法 第1部分:含水率的测定
- GB/T 9914.2 增强制品试验方法 第2部分:玻璃纤维可燃物含量的测定
- GB/T 18369 玻璃纤维无捻粗纱
- GB/T 20310 玻璃纤维无捻粗纱 浸胶纱试样的制作和拉伸强度的测定
- GB/T 21120 水泥混凝土和砂浆用合成纤维
- GB/T 23265 水泥混凝土和砂浆用短切玄武岩纤维
- GB/T 34551 玻璃纤维增强复合材料筋高温耐碱性试验方法
- GB/T 36262 结构工程用纤维增强复合材料网格
- GB/T 50082 混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准
- GB/T 50107 混凝土强度检验评定标准
- GB 55008 混凝土结构通用规范
- JT/T 776.1 公路工程 玄武岩纤维及其制品 第1部分:玄武岩短切纤维
- JT/T 776.4 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 3420 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程
 JTG/T F30 公路水泥混凝土路面施工技术细则
 JTG/T 3310 公路工程混凝土结构耐久性设计规范
 JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范
 JTG 3362 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
 DB32/T 3710—2020 玄武岩纤维沥青路面施工技术规范
 T/JSJTQX 19—2021 高速公路路面3D摊铺施工技术规范
 T/JSJTQX 27—2022 高速公路桥梁混凝土构件冬期施工技术指南
 T/JSJTQX 30—2022 公路桥梁水泥混凝土桥面 3D摊铺施工技术指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

玄武岩纤维 basalt fiber

玄武岩石料在高温熔融后，通过铂铑合金漏板高速拉丝形成的连续纤维。

3.2

玄武岩短切纤维 basalt fiber chopped stri and

由连续玄武岩纤维基材按规定长度切断的短纤维。

[来源：DB32/T 3710—2020，3.1]

3.3

玄武岩纤维复合材料 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、网格。

[来源：JT/T 776.4—2010，3.1]

3.4

玄武岩纤维水泥混凝土 basalt fiber reinforced concrete

掺加适量均匀分布的玄武岩短切纤维的水泥混凝土。

3.5

玄武岩纤维增强复合材料网格 fiber reinforced polymer composite grids

用连续玄武岩纤维按一定工艺，如拉挤、模压成型或真空辅助成型等生产的连续网格状复合材料制品，一般为正交双向形式。

[来源：GB/T 36262—2018，3.1，有改动]

4 基本规定

- 4.1 玄武岩纤维及筋材分类分级和代号规则，按GB/T 3811执行。
- 4.2 普通钢筋网片和普通钢筋线材替代为玄武岩纤维网格或玄武岩纤维筋时，应采用等强度替代方法。
- 4.3 桥面铺装层或调平层纤维混凝土强度等级不宜低于40MPa。
- 4.4 桥面铺装层或调平层水泥混凝土施工宜采用激光摊铺设备或3D摊铺设备，应符合T/JSJTQX 19-2022、T/JSJTQX 30-2022的要求。

5 材料

5.1 玄武岩纤维

- 5.1.1 玄武岩纤维材料的各项技术指标应满足表 1 的要求。

表1 玄武岩纤维技术指标要求

项目	单位	要求	试验方法	项目	单位	要求	试验方法
密度	g/cm ³	2.6~2.8	JTG3420 T0503、GB 7690.3	弹性模量 ^a	GPa	≥80	GB/T 20310
拉伸强度 ^a	MPa	≥3000	GB/T 20310	耐碱性、断裂强度保留率	%	≥75	GB/T 23265
断裂强度 ^a	MPa	1800	GB/T 20310	断裂伸长率	%	>3.5	GB 20310

注：a 试验值的变异系数不应大于 10%。

- 5.1.2 短切纤维原丝长宜为 12mm~30mm 之间，单丝公称直径宜为 9 μ m~25 μ m 之间；短切后纤维长度在 3mm~10mm 之间时，其长度偏差宜控制在±1.5mm 之间，短切后纤维长度大于 10mm 时，其长度偏差宜控制在±2mm 之间。
- 5.1.3 短切纤维直径试验方法应按 GB/T 7690.5 实施，长度采用游标卡尺测量。
- 5.1.4 应进行短切纤维直径偏差率检测，直径允许偏差应控制在短切纤维公称直径±0.15d 以内（d 为公称直径）。
- 5.1.5 短切纤维直径偏差率应以统计分析结果为准，计算标准差和变异系数，变异系数应控制在 12% 以内。
- 5.1.6 短切纤维基本性能应满足 JT/T 776.1 和表 2 的要求。

表 2 玄武岩短切纤维基本性能

项目	要求	检测方法	项目	要求	检测方法
外观合格率（%）	≥95	/	短切率（%）	≥95	GB/T 18369
密度（g/cm ³ ）	2.6~2.8	JTG3420T0503、GB 7690.3	分散率（%）	≥95	GB/T 18369
单丝断裂强度（MPa）	≥1500	GB/T 7690.3	可燃物含量（%）	0.1~1.0	GB/T 9914.2
单丝拉伸弹性模量（Gpa）	≥80	GB/T 7690.3	耐热性（%）	≥85	GB/T 2572
单丝断裂伸长率（%）	2.4~3.1	GB/T 7690.3	耐碱性（%）	≥75	GB/T 23265
含水率（%）	≤0.2%	GB/T 9914.1			

5.2 玄武岩纤维复合筋

5.2.1 玄武岩纤维复合筋的公称直径应符合表 3，用于桥面铺装时，公称直径规格为 6mm 至 20mm。

5.2.2 玄武岩纤维复合筋的几何尺寸及允许偏差、技术要求、强度等级应符合表 3、表 4、表 5 的要求。

表 3 玄武岩纤维复合筋几何尺寸及允许偏差

公称直径（mm）	内径尺寸（mm）	允许偏差（mm）	公称直径（mm）	内径尺寸（mm）	允许偏差（mm）
3	2.9	±0.2	14	13.4	±0.4
6	5.8	±0.3	16	15.4	±0.4
7	6.8	±0.4	18	17.3	±0.4
8	7.7	±0.4	20	19.3	±0.5
10	9.6	±0.4	25	24.2	±0.5
12	11.5	±0.4			

表 4 玄武岩纤维复合筋技术指标

项目	要求	检测方法	项目	要求	检测方法
密度（g/cm³）	1.9~2.1	GB/T 1463	纵向热膨胀系数（×10 ⁻⁶ /℃）	9~12	GB/T 2572
弹性模量（GPa）	≥45	JT/T 776.4/ GB/T 1447	耐碱性，抗拉强度保留率（%）	≥85	GB/T 34551
抗拉强度标准值（MPa）	≥750	JT/T 776.4/ GB/T 1447	磁化率×10 ⁻⁷ （4π×10 ⁻⁸ SI）	≤5	GB/T 3217
断裂伸长率（%）	≥1.8	JT/T 776.4/ GB/T 1447	巴氏硬度（°）	5~9	GB/T 1447
注：玄武岩纤维复合筋试验应在拉挤成型 24h 后实施；耐碱性的试验龄期选用 30d。					

表 5 玄武岩纤维复合筋强度等级

强度等级	抗拉强度标准值 f _n （MPa）	强度等级	抗拉强度标准值 f _n （MPa）
BF75	≥750	BF100	≥1000
BF90	≥900	BF110	≥1100
注：1、抗拉强度标准值保证率为 95%；2、试验方法采用 GB/T 1447。			

5.2.3 玄武岩纤维复合筋应具有良好的外观质量，表面不应出现肉眼可见的毛刺及纤维外露，纤维和树脂应粘结牢固，不应有分层或翘曲。

5.2.4 复合筋试验应采用试验万能材料试验机，试样应进行有效锚固，不应出现滑移。拉伸弹性模量、断裂伸长率试验的加载速度应控制在不大于 2mm/min 以内；拉伸强度试验的加载速度应控制在不大于 5mm/min 以内。

5.2.5 复合筋在进入施工现场前，应抽样检验外观、尺寸、密度、拉伸强度等指标项目。

5.2.6 出现以下情况之一，应进行材料的检验，检验内容应包括表 3、表 4、表 5 中所有项目：

- a) 桥梁施工进场的第一批筋材；
- b) 在施工现场或厂内生产后存放超过 18 个月；
- c) 进场的材料制作工艺与之前的筋材有变化时。

5.2.7 复合筋检验时，应抽取同一批次一定数量的样品进行检验，每一批检测一次，取样时，每根取样的长度应为 2m，按下列要求抽样：

- a) 试验样品应经外观检测，如外观检测和筋材直径不满足要求时，不再进行物理检验；
- b) 各取 6 根筋材进行尺寸偏差和外观检验；

- c) 取 6 根筋材进行单向筋面积检验;
- d) 当需要物理力学性能二次抽样时, 应各取 3 根筋材;
- d) 复合筋抽检宜参照附录 A。

5.2.8 材料检验后, 应进行合格判定, 具体标准如下:

- a) 外观质量、尺寸和各项性能均合格, 则判该批合格, 否则判不合格。
- b) 筋材的外观质量和尺寸试验时, 样本中全部样品均满足表 3 规定, 或仅有一个不满足表 3 规定, 则判为合格, 否则为不合格;
- c) 物理力学性能试验时, 所取样品的检测项目均符合表 4 规定或所取样品中仅有 1 个样品的检测项目不符合表 4 规定, 判为合格; 有两个及以上样品检测结果不符合表 4 规定时, 可进行复检, 若两次检验的不合格样品总数不多于 1 个, 则判为合格, 否则判为不合格;

5.3 玄武岩纤维复合材料网格

- 5.3.1 玄武岩纤维压纹复合材料网格表面压纹深度应均匀, 不应重复压纹;
- 5.3.2 玄武岩纤维光面复合材料网格应无外露纤维和毛刺, 且网格整体色泽应均匀;
- 5.3.3 玄武岩纤维粘砂复合材料网格应无掺杂杂质, 表面应无可见的砂粒堆叠, 喷砂应均匀。
- 5.3.4 玄武岩纤维复合材料网格尺寸应符合设计图纸要求, 网眼尺寸偏差应控制在±5%之间, 网眼幅宽偏差应不大于 2%, 网格厚度偏差应不大于 8%。
- 5.3.5 复合材料网格拉伸强度、拉伸弹性模量、断裂伸长率等力学性能应满足表 6 的要求。

表 6 复合材料网格拉伸性能

等级代号	拉 伸 强 度 (MPa)	拉 伸 弹 性 模 量 (GPa)	断 裂 伸 长 率 (%)	等级代号	拉 伸 强 度 (MPa)	拉 伸 弹 性 模 量 (GPa)	断 裂 伸 长 率 (%)
BFG2000	≥2000	≥85	≥2.3	BFG2400	≥2400	≥90	≥2.6

5.3.6 网格耐碱性能应满足以下要求:

- a) I 级耐碱网格拉伸强度保留率应在 70%以上;
- b) II 级耐碱网格拉伸强度保留率应在 50%以上。

5.3.7 网格试验方法如下:

- a) 检测网格厚度和网眼尺寸时, 应采用精度为 0.02 mm 的游标卡, 取任意 3 处检测结果的算术平均值作为检测值;
- b) 检测网格幅宽时, 应采用精度 1mm 的量具, 沿幅宽方向取任意 3 处检测结果的算术平均值作为检测值;
- c) 网格拉伸性能和网格耐碱性能按 GB/T 36262 进行检测。

5.3.8 网格应按连续生产的 100 卷 (每卷网格面积不少于 100m²) 为一批进行取样检验, 不足 100 卷按一批计, 检验应按下列要求执行:

- a) 网格进入施工现场后, 应进行抽样检测, 每批次网格应检测网格的外观、尺寸偏差、拉伸性能和耐碱性能;

b) 第一批网格进场后应进行检验。

5.3.9 抽样规则与合格判定规则按下列方法进行：

a) 每一批次抽取 6 卷进行外观检验和尺寸偏差试验，当样本全部满足要求或仅有 1 卷不能满足要求时则判该批网格为合格；否则为不合格；

b) 每一批次抽取 6 卷进行拉伸性能和耐碱性能试验，当样本全部满足要求则判该批为合格；如存在 2 卷或 2 卷以上不满足要求则判该批不合格；当有 1 卷不满足要求时，允许进行第二次取样，若第二次取样后仍有 1 卷或 1 卷以上不满足要求，则判该批不合格。

6 施工

6.1 施工准备

6.1.1 桥面铺装施工前，应编制实施性施工组织设计，明确施工目标、施工工序、施工方法、施工机械、施工工期、施工人员安排以及质量、安全、环保等措施。

6.1.2 施工前，应对施工人员进行技术交底，使其熟悉施工图纸、施工方案及技术要求，明确各道工序的施工工艺、操作要点和质量标准。

6.1.3 施工前，应进行导线点和水准点的布设，布设精度应满足 JTG/T 3650 的要求。

6.1.4 施工前，应调配设备和工具，并检查设备的完好性。

6.1.5 施工前，应进行下承层的质量检查，包括外观质量、纵断高程、横坡度、平整度等。

6.2 筋材和网格铺设

6.2.1 桥面铺装纵横向筋材的选择应根据设计要求、工程实际和材料性能综合考虑。筋材的直径应相同或相近，间距应均匀，纵横筋材直径差应不大于 4mm。

6.2.2 用于桥面铺装层的纤维复合筋直径应不小于 6mm。

6.2.3 在铺设时，应按照设计图纸和施工方案的要求进行，确保铺设位置准确、间距均匀。同时，应注意纤维复合筋的搭接长度和连接方式，确保满足设计要求。

6.2.4 在铺设过程中，应采取必要的保护措施，避免筋材或网格损坏。

6.2.5 复合筋搭接长度应满足以下要求：

a) 受拉复合筋的锚固长度应满足拉拔试验要求，锚固长度计算见公式（1），当锚固长度不足时，应采用机械锚固。

$$l_a = \frac{f_{fd}}{8f_{td}}d \dots\dots\dots (1)$$

式中：

l_a ——复合筋锚固长度，mm；

d ——复合筋直径，mm；

f_{fd} ——复合筋抗拉强度设计值, MPa;

f_{td} ——混凝土抗拉强度设计值, MPa。

b) 受拉复合筋纵筋绑扎接头的搭接长度不应小于 $1.6l_a$; 当复合筋的实际应力与抗拉强度设计值的比值小于 0.5, 且搭接长度范围内配置的复合筋面积占计算所需总面积的 50% 以下时, 搭接长度可折减为 $1.4l_a$;

c) 构造用复合筋绑扎搭接长度不应小于其公称直径的 35 倍; 同一垂直断面上绑扎接头数量不应多于 1 个, 相邻复合筋的绑扎接头应交错布置, 接头间距不应小于 500mm。

注: 复合筋材绑扎搭接长度区段参考了 JTG/T 3650 中对钢筋搭接长度的要求, 无论钢筋还是玄武岩复合筋, 其搭接长度均为考虑筋材本身的强度, 而是考虑混凝土与筋材的粘结力, 而粘结力又与筋材直径、筋材锚固入混凝土的长度、筋材表面特性、混凝土的粘结强度等因素有关, 因此, 将搭接长度确定为 35 倍筋材直径。

6.2.6 复合筋全部截面积宜根据等代强度法替换, 等代计算见式 (2)。

$$A_{sx} = \frac{A_{sf} \times f_{yf}}{f_u} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

A_{sx} ——纵向复合筋全部截面积, mm^2 ;

A_{sf} ——纵向钢筋全部截面积, mm^2 ;

f_{yf} ——复合筋抗拉强度设计值, MPa;

f_u ——钢筋抗拉设计强度, MPa。

6.2.7 复合筋网纵向筋间距宜不大于 150mm、横向间距宜不大于 300mm; 纵向、横向最小间距应不小于集料最大粒径的 2 倍。

6.2.8 单层玄武岩纤维复合筋网的纵向筋设在面层表面下 $1/4 \sim 1/2$ 厚度范围内, 横向筋位于纵向筋之下。

6.2.9 复合筋网底部采用混凝土垫块支撑, 数量应不少于 5 个/ $\text{m}^2 \sim 8$ 个/ m^2 。

6.2.10 双层玄武岩纤维复合筋网纵筋应分别安装在上层顶部、下层底部。双层玄武岩纤维复合筋网上、下层之间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 。

6.2.11 玄武岩纤维复合筋保护层最小厚度应不小于 15mm。

6.2.12 施工时, 还应满足以下要求:

- a) 施工前, 应详细了解施工现场和施工工期情况, 做好施工组织;
- b) 玄武岩纤维复合筋在铺筑前, 应按设计准确放样;
- c) 施工过程中筋材不应在地面上的拖拽, 防止玄武岩纤维复合筋表面被磨损。布筋时应使纵横向筋拉直, 绑扎时应注意间距是否满足要求, 应在绑扎时进行间距矫正;
- d) 玄武岩纤维复合筋网布置需满足表 7 要求;

表 7 玄武岩纤维复合筋网绑扎的允许偏差

项目	绑扎复合筋网及骨架允许偏差（mm）	项目	绑扎复合筋网及骨架允许偏差（mm）
网的长度与宽度	±10	骨架长度	±10
网眼尺寸	±20	箍筋间距	±20
骨架宽度及高度	±5	两片网片间距	±5

- e) 混凝土铺筑前应将筋网固定在支架上（或采用混凝土垫块将筋网抬高固定），不应有贴地、变形、移位、松脱现象；
- f) 不应使用因受热引起局部弯曲的筋材；
- g) 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。切割时应尽量使弯曲的玄武岩纤维复合筋拉直，以方便筋网的布置，保证筋网间距准确。

6.3 玄武岩纤维水泥混凝土

6.3.1 桥面铺装用玄武岩纤维水泥混凝土的材料应满足以下要求：

- a) 水泥、粗集料、细集料、外加剂、矿物掺合料、水等应满足 GB 55008、JTG/T F30、GB 8076、JTG/T 3650 的要求；
- b) 短切纤维抽样方法和频率可按附录 A 相关规定，并保证样品的代表性和准确性。

6.3.2 纤维水泥混凝土的性能应满足以下要求：

- a) 强度等级采用符号 BF 与立方体抗压强度标准值（MPa）表示，分为 BF25、BF30、BF35、BF40、BF45、BF50、BF55、BF60、BF65、BF70、BF75、BF80，抗压强度的评定应满足 GB/T 50107 的要求；
- b) 拌合物性能应满足玄武岩短切纤维在混凝土拌合物中的均匀性要求，应具有良好的和易性；
- c) 其它要求见表 8。

表 8 纤维混凝土性能要求

项目	应满足的规范	项目	应满足的规范	项目	应满足的规范
抗冻性能等级划分（如有要求）	JTG 3420	抗硫酸盐侵蚀性能等级划分	JTG 3420	抗氯离子渗透性能等级划分	JTG/T 3310
抗渗性能等级划分	JTG 3420	抗碳化性能等级划分	JTG 3420	基本力学性能试验	JTG 3420
疲劳性能试验方法	GB/T 50082	冲击性能试验方法	GB/T 21120	拌合物中水溶性氯离子试验方法与最大含量	JTG/T 3310
轴心抗压强度	JTG 3362	弹性模量	JTG 3362	泊松比	JTG 3362
线膨胀系数	JTG 3362				

6.3.3 桥面铺装用玄武岩纤维水泥混凝土应满足桥梁抗渗性能要求，宜采用抗渗性能提高系数表征混凝土的抗渗透性能。见式（3）：

$$\phi = \frac{H_{m1}}{H_{m0}} \dots\dots\dots (13)$$

式中：

ϕ ——抗渗性能提高系数，取 1.1~1.2 之间；

H_{m0} ——普通混凝土的渗水高度；

H_{m1} ——玄武岩纤维混凝土渗水高度。

6.3.4 应将桥面铺装用玄武岩纤维水泥混凝土抗弯拉强度与普通水泥混凝土抗弯拉强度进行比较，得到抗弯拉性能提高系数，见式（4）：

$$\lambda = \frac{f_{m1}}{f_{m0}} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

λ ——抗弯拉性能提高系数。取 1.1~1.2；

f_{m0} ——普通水泥混凝土的抗弯拉强度；

f_{m1} ——玄武岩纤维水泥混凝土的抗弯拉强度。

6.3.5 应将桥面铺装用玄武岩纤维水泥混凝土抗冻融性能与普通混凝土进行比较，得到抗冻融性能提高程度系数，见式（5）：

$$\beta = \frac{2m_{n0}-m_{n1}}{m_{n0}} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

β ——玄武岩抗冻融性能提高系数。1.03~1.05；

m_{n0} ——基准水泥混凝土的质量损失；

m_{n1} ——玄武岩纤维水泥混凝土的质量损失。

6.3.6 玄武岩纤维混凝土配合比设计宜参考附录 B，配合比设计包括确定水胶比、选择原材料、进行试配和调整等关键环节。

6.4 玄武岩纤维水泥混凝土拌制、运输和浇筑

6.4.1 混凝土拌制满足以下要求：

- a) 应采用强制式拌和机集中制备，控制投料顺序、拌和速度和拌和时间，确保混凝土拌和均匀。同时，应避免长距离运输，以减少混凝土的性能损失；
- b) 玄武岩纤维掺量应根据工程需要和设计要求合理确定，宜为 $2\text{kg}/\text{m}^3 \sim 4\text{kg}/\text{m}^3$ ，并在拌制过程中均匀加入。同时，应对拌制过程进行监控，并定期对混凝土的质量进行检查和评估；
- c) 拌和时，玄武岩纤维用量、拌和水用量、外加剂用量允许偏差应控制在 $\pm 1\%$ ，水泥和矿物掺合料用量偏差应控制在 $\pm 2\%$ ，骨料用量偏差应控制在 $\pm 3\%$ ；
- d) 搅拌时，应将玄武岩短切纤维、粗细骨料和水泥先干拌 30s~60s，而后加水湿拌 90s~120s，对于玄武岩短切纤维体积率较高或拌制纤维混凝土等级在 BF50 以上时，应延长搅拌时间；
- e) 在玄武岩纤维水泥混凝土搅拌过程中，应避免玄武岩短切纤维结团。

6.4.2 根据施工现场的具体情况选择合适的运输方式，并控制运输时间不超过 20min；

6.4.3 玄武岩纤维水泥混凝土浇筑及养生应满足以下要求：

- a) 应控制浇筑速度和混凝土自由下落高度，避免出现拌合物离析、分层以及玄武岩纤维裸露等现象；

- b) 纤维混凝土振捣时间应比普通混凝土振捣时间略延长 10s~20s，以确保混凝土内部气泡充分排出和纤维分布均匀。在振捣过程中，应加强对振捣效果的检查；
- c) 在特殊季节施工时，应遵守 JTG 3650 的相关要求，并根据实际情况采取必要的保温、保湿或降温措施。在冬期施工时，还需满足 T/JSJTQX 27—2022 的要求，并加强对施工过程中的温度监控和记录
- d) 混凝土浇筑完成后，应根据环境条件及时采取养生措施，应按表 9 进行养生。

表 9 玄武岩纤维混凝土养生

日均气温（℃）	养生方法	养生期（d）	日均气温（℃）	养生方法	养生期（d）
5~9	塑料薄膜覆盖保湿，保温材料覆盖保温，不应洒水	21	20~29	土工布覆盖，不间断洒水至少 7d。	10
10~19	塑料薄膜覆盖保湿，保温材料覆盖保温，温度较高时段适当洒水	14	30~35	土工布覆盖，不间断洒水至少 3d，不宜直接将塑料薄膜覆盖在混凝土表面。	7

附录 A (资料性)

玄武岩纤维复合筋和玄武岩短切纤维现场抽检规则

A.1 玄武岩纤维复合筋

A.1.1 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。

A.1.2 抽检样品数目与合格判定限值应满足表 A.1 规定。

表 A.1 玄武岩纤维复合筋抽检样品数量与质量判定

单批进场数量(盘)	取样数量 (盘)	不合格数量限值 (盘)	单批进场数量(盘)	取样数量 (盘)	不合格数量限值 (盘)
1~5	全部取样	0	25~50	15	1
6~25	5	0	50 以上	20	2

A.1.3 对玄武岩纤维复合筋抽检时，抽检样品应检验表 A.2 中所有检测项目，并对该批次复合筋进行质量判定。

表 A.2 公路工程混凝土用玄武岩纤维复合筋检验项目表

检测项目	判定规则	检测项目	判定规则
外观	同一检测批次，样本测值不应少于 3 个与平均值差值不大于 15%时，可将平均值作为本批次测定结果。	磁化率	同一检测批次，样本测值不应少于 3 个与平均值差值不大于 15%时，可将平均值作为本批次测定结果。
尺寸	同一检测批次，样本测值不应少于 3 个与平均值差值不大于 15%时，可将平均值作为本批次测定结果。	拉伸强度	同一检测批次，样本测值不应少于 3 个与平均值差值不大于 15%时，可将平均值作为本批次测定结果。
密度	同一检测批次，样本测值不应少于 3 个与平均值差值不大于 15%时，可将平均值作为本批次测定结果。	弹性模量	同一检测批次，样本测值不应少于 3 个与平均值差值不大于 15%时，可将平均值作为本批次测定结果。
热膨胀系数	同一检测批次，样本测值不应少于 3 个与平均值差值不大于 15%时，可将平均值作为本批次测定结果。	弯曲强度	同一检测批次，样本测值不应少于 3 个与平均值差值不大于 15%时，可将平均值作为本批次测定结果。
耐碱性	同一检测批次，样本测值不应少于 3 个与平均值差值不大于 15%时，可将平均值作为本批次测定结果。	极限抗拉强度	同一检测批次，样本测值不应少于 3 个与平均值差值不大于 15%时，可将平均值作为本批次测定结果。
巴氏硬度	同一检测批次，样本测值不应少于 3 个与平均值差值不大于 15%时，可将平均值作为本批次测定结果。	断裂伸长率	同一检测批次，样本测值不应少于 3 个与平均值差值不大于 15%时，可将平均值作为本批次测定结果。

A.2 玄武岩短切纤维

A.2.1 取样样本所有的单项均合格，则判定该批产品合格，否则须判定该产品不合格。该批产品各分项的测定结果的取值须符合附表 A.3 的要求。

表 A.3 玄武岩短切纤维现场检验项目

检测项目	判定规则	检测项目	判定规则
外观	自然光下，目测距离不大于 0.5m，外表无缺陷即为合格。	密度	同一检测批次，样本数量不得少于 3 个，单个样本测值与平均值差值不大于 15%时，可将平均值作为本批次测定结果。
短切率和分散率	同一检测批次，样本数量不得少于 3 个，单个样本测值与平均值差值不大于 15%时，可将平均值作为本批次测定结果。	可燃物含量	同一检测批次，样本数量不得少于 3 个，单个样本测值与平均值差值不大于 15%时，可将平均值作为本批次测定结果。
含水率	同一检测批次，样本数量不得少于 3 个，单个样本测值与平均值差值不大于 15%时，可将平均值作为本批次测定结果。	单丝断裂强度、断裂伸长率、拉伸弹性模量	同一检测批次，样本数量不得少于 3 个，单个样本测值与平均值差值不大于 15%时，可将平均值作为本批次测定结果。

A.2.2 玄武岩短切纤维抽检批以同一批原料、同一规格、稳定连续生产的一定数量的产品（袋）为一批。取批样品的数量根据总包装袋数而定。

A.2.3 玄武岩短切纤维抽样方案如附表 A.4，在每个取样包底表层的 10%内进行独立随机取样一次，在包底表层的 15%内进行独立随机取样一次，每一样品不少于 200g。对于每批所取得的试样应分为两等分，一份按规定的项目进行试验。另一份应进行封存，当对产品存疑时，利用该份提交复验或仲裁。

表 A.4 玄武岩短切纤维抽样方案

单批进场数量(盘)	取样数量(盘)	不合格数量限值(盘)	单批进场数量(盘)	取样数量(盘)	不合格数量限值(盘)
1~5	全部取样	1	25	10	3
6~25	5	2			

附录 B (资料性) 玄武岩纤维混凝土配合比设计

B.1 一般规定

B.1.1 玄武岩纤维水泥混凝土配合比设计的强度、韧性、耐久性应符合 JTG/T 3650 的规定。

B.1.2 玄武岩短切纤维掺量应经试验确定，宜为 2.5kg/m³~3.5kg/m³。

B.2 设计要求

B.2.1 水胶比应符合 JTG/T 3650 的规定。

B.2.2 玄武岩纤维水泥混凝土配合比应根据纤维掺量按下列规定进行试配：

a) 按假定质量法确定玄武岩纤维水泥混凝土配合比材料用量时，按式 (B.1)、式 (B.2) 和式 (B.3) 计算。

$$m_{c0} + m_{a0} + m_{w0} + m_{s0} + m_{g0} = (1 - \rho_f)m_{cp} \dots\dots\dots (B.1)$$

$$\beta_s = \frac{m_{s0}}{m_{s0} + m_{g0} + m_{f0}} \dots\dots\dots (B.2)$$

$$m_{f0} = 2600\rho_f \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

m_{c0} 、 m_{a0} 、 m_{w0} 、 m_{s0} 、 m_{g0} 、 m_{f0} ——分别为 1 m³ 玄武岩纤维水泥混凝土所用水泥、矿物掺合料、水、砂、石和玄武岩纤维的质量，单位为 kg；

m_{cp} ——1m³ 新拌玄武岩纤维水泥混凝土的假定质量，单位为 kg；

ρ_f ——玄武岩短切纤维体积率；

β_s ——新拌玄武岩纤维水泥混凝土的砂率。

b) 按体积法确定玄武岩纤维水泥混凝土配合比材料用量时，按式 (B.2)、式 (B.3) 和式 (B.4) 计算。

$$\frac{m_{c0}}{\rho_c} + \frac{m_{a0}}{\rho_a} + \frac{m_{w0}}{\rho_w} + \frac{m_{s0}}{\rho_s} + \frac{m_{g0}}{\rho_g} + \rho_f + 0.01\alpha = 1 \dots\dots\dots (B.4)$$

式中：

ρ_c 、 ρ_a 、 ρ_w 、 ρ_s 、 ρ_g ——分别为水泥密度、矿物掺和料密度、水密度、砂的表观密度、石的表观密度，单位为 kg/m³；

α ——玄武岩纤维水泥混凝土的含气量百分数。

B.2.3 玄武岩纤维水泥混凝土的配合比应经试配，试配时应使用实际工程使用的原材料。

B.2.4 玄武岩纤维水泥混凝土配置强度按 JTG/T 3650 的规定进行确定。

B.2.5 玄武岩纤维水泥混凝土的配置强度应符合下列规定：

a) 当设计强度等级小于 BF50 时，配置强度应符合式 (B.5)。

$$f_{cu,o} \geq f_{cu,k} + 1.645\sigma \dots\dots\dots (B.5)$$

式中：

$f_{cu,o}$ ——玄武岩纤维水泥混凝土的配置强度，单位为 MPa；

$f_{cu,k}$ ——玄武岩纤维水泥混凝土立方体抗压强度标准值，单位为 MPa；

σ ——玄武岩纤维水泥混凝土的强度标准差，单位为 MPa。

b) 当设计强度等级大于或等级 BF50 时，配置强度应符合式 (B.6)。

$$f_{cu,o} \geq 1.15f_{cu,k} \dots\dots\dots (B.6)$$

c) 玄武岩纤维水泥混凝土强度标准差的取值根据混凝土设计强度确定，当混凝土强度为 BF20MPa～BF50MPa 时， σ 取 5.0；当混凝土强度为 BF50MPa～BF55MPa 时， σ 取 6.0

B.2.6 采用工程中实际使用的原材料和搅拌方法，通过适当调整混凝土外加剂用量或砂率，调配出坍落度、含气量、泌水率符合要求的混凝土配合比，该配合比作为基准配合比。

B.2.7 玄武岩纤维水泥混凝土试验样品应养护至 28d 后进行试验。抗压强度与抗裂性能试验方法按照 JTG 3420 执行。

B.2.8 玄武岩纤维水泥混凝土抗裂性能应符合下列规定：

a) 用于路面抗裂的纤维混凝土试验室实测早期裂缝降低率不应小于 30%，工程中早期抗裂等级单位面积上的总开裂面积应小于 700 mm²/m²，且平均裂隙降低率应大于 60%；

b) 用于桥面抗裂的纤维混凝土试验室实测早期裂缝降低率不应小于 60%，工程中早期抗裂等级单位面积上的总开裂面积应小于 400 mm²/m² 且平均裂隙降低率不应小于 90%。

B.2.9 根据不同配合比的混凝土拌合物性能、抗压强度、抗裂性及耐久性能试验结果，按照工作性能、力学特性、耐久性要求且经济合理的原则，从不同配合比中选择一个最合适的配合比作为试配配合比。

B.2.10 对于纤维体积率为 0.04%～0.10% 的玄武岩纤维水泥混凝土，可按计算配合比进行试配和调整；当纤维体积率大于 0.10% 时，可适当提高外加剂用量或胶凝材料用量，不应降低水胶比。

B.2.11 玄武岩纤维水泥混凝土配合比试验方法应按 GB/T 50080 进行。

B.2.12 在配合比试配的基础上，玄武岩纤维水泥混凝土配合比应按 JTG/T F30 的规定进行混凝土强度试验并进行配合比调整。

B.2.13 玄武岩纤维水泥混凝土配合比校正系数应按公式 (B.7) 计算。

$$\sigma = \frac{\rho_{c,t}}{\rho_{c,c}} \dots\dots\dots (B.7)$$

式中：

σ ——玄武岩纤维水泥混凝土配合比校正系数；

$\rho_{c,t}$ ——玄武岩纤维水泥混凝土拌合物的表观密度实测值，单位为 kg/m³；

$\rho_{c,c}$ ——玄武岩纤维水泥混凝土拌合物的表观密度计算值，单位为 kg/m³。

B. 2. 14 调整后的配合比中每项原材料用量均应乘以校正系数。校正后的玄武岩纤维水泥混凝土配合比应在满足拌合物性能要求和试配强度的基础上，对设计提出的混凝土耐久性项目进行检验和评定，符合要求的，可确定为设计配合比。

B. 2. 15 玄武岩纤维水泥混凝土设计配合比确定后，应进行生产适应性验证。