ICS 91.140

P 45

团体标准

T/CECS ×××××—201×

纤维增强复合材料用锚具和夹具

**Anchorage and grip for fiber-reinforced polymer composites**

20××-××-××发布 20××-××-××实施

中国工程建设标准化协会 发 布

目 次

前 言 V

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 符号 3

5 产品分类、代号和标记 4

5.1 产品分类 4

5.2 代号 4

5.3 标记 5

5.4 预应力FRP拉索用锚具 6

6 一般要求 6

6.1 材料 6

6.2 制造 7

6.3 外观、尺寸及硬度 7

6.4 质量文件 7

6.5 其他要求 8

6.6 预应力FRP拉索用锚具 8

7 要求 8

7.1 预应力FRP用锚具 8

7.2 预应力FRP用夹具 10

8 试验方法 10

8.1 一般规定 10

8.2 外观、尺寸及硬度检验 11

8.3 超声波检测和磁粉检测 12

8.4 静载锚固性能试验 12

8.5 疲劳荷载性能试验 15

8.6 锚固区传力性能试验 16

8.7 锚板强度检验 16

8.8 内缩量试验 16

8.9 锚口摩阻损失试验 16

8.10 张拉锚固工艺试验 16

8.11 超张拉试验 16

9 检验规则 16

9.1 检验分类 16

9.2 检验项目 17

9.3 组批和抽样 17

9.4 检验结果的判定 18

10 标志、包装、运输和贮存 19

10.1 标志 19

10.2 包装 19

10.3 运输和贮存 20

Contents

[Foreword V](#_Toc519005953)

[1 Scope 1](#_Toc519005955)

[2 Normative references 1](#_Toc519005956)

[3 Terms and definitions 2](#_Toc519005957)

[4 Symbols 3](#_Toc519005958)

[5 Classification,code and method of marking of product 4](#_Toc519005959)

[5.1 Classification of product 4](#_Toc519005960)

[5.2 Code 4](#_Toc519005961)

[5.3 Method of marking 5](#_Toc519005962)

[5.4 Anchorage of prestressing fiber-reinforced polymer composites cable 6](#_Toc519005962)

[6 General requirements 6](#_Toc519005963)

[6.1 Material 6](#_Toc519005964)

[6.2 Manufacture 7](#_Toc519005965)

[6.3 Appearance, size and hardness 7](#_Toc519005965)

[6.4 Documentation about quality control 7](#_Toc519005965)

[6.5 Other requirements](#_Toc519005965) 8

[6.6 Prestressing fiber-reinforced polymer composites cable](#_Toc519005965) 8

[7 Requirements](#_Toc519005963) 8

[7.1 Anchorage for prestressing fiber-reinforced polymer composites](#_Toc519005964) 8

[7.2 Grip for prestressing fiber-reinforced polymer composites](#_Toc519005964) 10

[8 Test procedure 1](#_Toc519005963)0

[8.1 General rules 1](#_Toc519005964)0

[8.2 Appearance, size and hardness test](#_Toc519005964) 11

[8.3 Ultrasonic test and magnetic powder inspection](#_Toc519005964) 12

[8.4 Staic load test](#_Toc519005964) 12

[8.5 Fatigue load test](#_Toc519005964) 15

[8.6 Load transfer test](#_Toc519005964) 16

[8.7 Test for anchor plate strengtht](#_Toc519005964) 16

[8.8 Draw-in test](#_Toc519005964) 16

[8.9 Test for prestress loss due to friction at anchorage device](#_Toc519005964) 16

[8.10 Tensioning test](#_Toc519005964) 16

[8.11 Overload test](#_Toc519005964) 16

[9 Inspection rules 1](#_Toc519005963)6

[9.1 Classification of inspection 1](#_Toc519005964)6

[9.2 Items of inspection 1](#_Toc519005964)7

[9.3 Batches and sampling of inspection 1](#_Toc519005964)7

[9.4 Acceptance criteria of test results 1](#_Toc519005964)8

[10 Marking, packaging, transport and storage 1](#_Toc519005963)9

[10.1 Marking 1](#_Toc519005964)9

[10.1 Packaging 1](#_Toc519005964)9

[10.1 Transport and storage](#_Toc519005964) 20

# 前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准是按中国工程建设标准化协会《关于印发<2018年第一批工程建设协会标准制订、编制计划>的通知》（建标协字[2018]015号）的要求制定。

本标准由中国工程建设标准化协会混凝土结构专业委员会归口管理。

本标准负责起草单位：中国建筑科学研究院有限公司。

本标准参加起草单位：桂林理工大学、东南大学、柳州欧维姆机械股份有限公司、北京市建筑工程研究院有限责任公司、同济大学、国家建筑工程质量监督检验中心、开封强力集团锚固技术股份有限公司、柳州市邱姆预应力机械有限公司、江苏新筑同创土木工程有限公司、河南红桥锚机有限公司、浙锚科技股份有限公司、天津圣文预应力机械有限公司、天津市振华预应力技术有限公司、天津市中锚预应力有限公司、天津鹏旭预应力机械有限公司、建研科技股份有限公司、中国建筑一局（集团）有限公司、深圳市恒义建筑技术有限公司、中铁电气化局集团北京建筑工程有限公司、中建市政工程有限公司。

本标准主要起草人：陈茜、冯大斌、朱万旭、汪昕、韦福堂、刘航、薛伟辰、罗洪伯、李金岭、梅治乾、栾文彬、耿书岭、曾利、张金顺、刘健民、宋伟、张鹏、朱莹、赵勇、邱彪、刘新乐。

本标准主要审查人：

纤维增强复合材料用锚具和夹具

# **1** 范围

本标准规定了预应力纤维增强复合材料用锚具和夹具的术语和定义、符号，产品分类、代号和标记，一般要求，要求，试验方法，检验规则，标志、包装、运输和贮存。

本标准适用于对工程结构用纤维增强复合材料施加预应力所用的锚具和夹具。

# **2** 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 197 普通螺纹 公差

GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第1部分：试验方法(A、B、C、D、E、F、G、H、K、N、T标尺)

GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分：试验方法

GB/T 1348 球墨铸铁件

GB/T 1804 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差

GB/T 9439 灰铸铁件

GB/T 9969 工业产品使用说明书 总则

GB/T 12361 钢质模锻件通用技术条件

GB/T 14370 预应力筋用锚具、夹具和连接器

GB/T 16825.1 静力单轴试验机的检验 第1部分：拉力和(或)压力试验机测力系统的检验与校准

GB/T 16923 钢件的正火与退火

GB/T 16924 钢件的淬火与回火

GB/T 21490 结构加固修复用碳纤维片材

GB/T 26743 结构工程用纤维增强复合材料筋

GB/T 26745 结构加固修复用玄武岩纤维复合材料

GB/T 35156 结构用纤维增强复合材料拉索

GB 50728 工程结构加固材料安全性鉴定技术规范

JB/T 5000.8 重型机械通用技术条件 第8部分：锻件

JB/T 5000.9 重型机械通用技术条件 第9部分：切削加工件

JB/T 5000.10 重型机械通用技术条件 第10部分：装配

JB/T 5000.13 重型机械通用技术条件 第13部分：包装

JG/T 330 建筑工程用索

JT/T 531 桥梁结构用芳纶纤维复合材料

# **3** 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

纤维增强复合材料 **fiber-reinforced polymer** **composites**

采用连续纤维或纤维织物为增强相，聚合物树脂为基体相，两相材料通过复合工艺组合而成的一种聚合物基复合材料，简称FRP。

3.2

预应力纤维增强复合材料筋 **prestressing fiber-reinforced polymer tendons**

在工程结构中用于建立预加应力的单根或成束的纤维增强复合材料筋。

3.3

预应力纤维增强复合材料板 **prestressing fiber-reinforced polymer laminate**

在工程结构中用于建立预加应力的纤维增强复合材料板。

3.4

预应力纤维布 **prestressing fiber sheet**

在工程结构中用于建立预加应力的纤维布。

3.5

预应力纤维增强复合材料拉索**prestressing fiber-reinforced polymer composites cable**

由纤维增强复合材料索体、配套锚具和外包保护层组成的在工程结构中承受拉力的构件。

3.6

预应力纤维增强复合材料用锚具**anchorage for prestressing fiber-reinforced polymer composites**

用于保持预应力纤维增强复合材料的拉力并将其传递到结构上所用的永久性锚固装置。

3.7

预应力纤维增强复合材料用夹具 **grip for prestressing fiber-reinforced polymer composites**

建立或保持预应力纤维增强复合材料的拉力的临时性锚固装置，有时也称为工具锚。

3.8

预应力FRP-锚具组装件 **prestressing FRP-anchorage assembly**

预应力FRP和安装在其端部的锚具组合装配而成的受力单元。

3.9

预应力FRP-夹具组装件 **prestressing FRP-grip assembly**

预应力FRP和安装在其端部的夹具组合装配而成的受力单元。

3.10

受力长度 **tension length**

预应力FRP两端的锚具或夹具之间的净距离。

3.11

内缩 **draw-in**

预应力FRP-锚具组装件在张拉过程中，由于锚具各零件之间、锚具与FRP之间的相对位移和局部塑性变形所产生的FRP的回缩现象。

3.12

锚口摩阻损失 **prestress loss due to friction at anchorage device**

预应力纤维增强复合材料筋在锚具及张拉端锚垫板喇叭口转角处由于摩擦引起的预应力损失。

# **4** 符号

下列符号适用于本文件。

*A*fk— 预应力FRP-锚具或夹具组装件中FRP总的公称截面面积，单位为平方毫米（mm2）；

*F*fk— 预应力FRP-锚具或夹具组装件的公称极限抗拉力，单位为千牛（kN）；

*F*fTu — 预应力FRP-锚具或夹具组装件的实测极限抗拉力，单位为千牛（kN）；

*f*fk — 预应力FRP的抗拉强度标准值，单位为兆帕（MPa）；

— 预应力FRP-锚具或连接器组装件达到实测极限抗拉力*F*fTu时预应力FRP受力长度的总伸长率，（%）；

*η*a — 预应力FRP-锚具组装件静载锚固性能试验测得的锚具效率系数，（%）；

*η*g — 预应力FRP-夹具组装件静载锚固性能试验测得的夹具效率系数，（%）。

# **5** 产品分类、代号和标记

# **5.1** 产品分类

**5.1.1** 预应力FRP用锚具和夹具可分为预应力FRP筋用锚具和夹具、预应力FRP板用锚具和夹具、预应力纤维布用锚具和夹具。

**5.1.2** 根据对预应力FRP筋的锚固方式，锚具和夹具可分为粘结式、夹片式、内锥填充式三种基本类型。

**5.1.3** 根据对预应力FRP板的锚固方式，锚具和夹具可分为夹片式、齿纹式、平板式三种基本类型。

**5.1.4** 根据对预应力纤维布的锚固方式，锚具和夹具可分为齿纹式、夹片式两种基本类型。

# **5.2** 代号

**5.2.1** 预应力FRP用锚具和夹具的代号和结构示意如表1所示。

表1 预应力FRP用锚具和夹具的代号和结构示意

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 分类代号 | 锚具 | 夹具 | 结构示意 |
| 预应力FRP筋用锚具和夹具 | 粘结式 | NJM | NJJ |  |
| 夹片式 | JPM | JPJ |  |
| 内锥填充式 | NZM | - |  |
| 预应力FRP板用锚具和夹具 | 夹片式 | JPM | JPJ |  |
| 齿纹式 | CWM | CWJ |  |
| 平板式 | PBM | - |  |
| 预应力纤维布用锚具和夹具 | 齿纹式 | CWM | CWJ |  |
| 夹片式 | JPM | JPJ |  |

**5.2.2** 预应力纤维增强复合材料的类型代号如表2所示。

表2 预应力纤维增强复合材料的类型代号

|  |  |
| --- | --- |
| 纤维种类 | 预应力纤维增强复合材料结构形式 |
| 筋 | 板 | 布 |
| 碳纤维 | CFT | CFL | CFS |
| 芳纶纤维 | AFT | AFL | AFS |
| 玄武岩纤维 | BFT | BFL | BFS |

**5.2.3** 预应力纤维增强复合材料筋的表面状态代号为光面筋（P）、带肋筋（R）、绞线（S）及其他（O）。

# **5.3** 标记

**5.3.1** 预应力FRP筋用锚具和夹具的标记由产品代号、预应力FRP筋类型代号、预应力FRP筋表面状态代号、预应力FRP筋公称直径、根数组成（生产企业的体系代号只在需要时加注），如图1所示。

企业体系代号（需要时标注）

预应力FRP筋根数

预应力FRP筋公称直径（mm）

预应力FRP筋表面状态代号

预应力FRP筋类型代号

预应力FRP筋用锚具和夹具的代号

图1 预应力FRP筋用锚具和夹具的标记

示例：

锚固1根公称直径为10mm的预应力碳纤维增强复合材料光面筋的粘结型锚具表示为：NJM-CFT-P10-1。

**5.3.2** 预应力FRP板用锚具和夹具的标记由产品代号、预应力FRP板类型代号、预应力FRP板的尺寸规格组成（生产企业的体系代号只在需要时加注），如图2所示。

企业体系代号（需要时标注）

预应力FRP板厚度（mm）

预应力FRP板宽度（mm）

预应力FRP板用锚具和夹具的代号

预应力FRP板类型代号

图2 预应力FRP板用锚具和夹具的标记

示例：

锚固宽100mm，厚1.4mm的预应力碳纤维增强复合材料板的夹片式锚具表示为：JPM-CFL100×1.4。

**5.3.3** 预应力纤维布用锚具和夹具的标记由产品代号、预应力纤维布类型代号、预应力纤维布宽度（生产企业的体系代号只在需要时加注），如图3所示。

图3 预应力纤维布用锚具和夹具的标记

企业体系代号（需要时标注）

预应力纤维布单位面积质量（g/mm2）

预应力纤维布用锚具和夹具的代号

预应力纤维布类型代号

预应力纤维布宽度（mm）

示例：

锚固单位面积质量为300g/mm2，宽500mm的预应力碳纤维布的齿纹式锚具表示为：CWM-CFS300-100。

# **5.4** 预应力FRP拉索用锚具

预应力FRP拉索用锚具的分类、代号和标记应按GB/T 35156的规定执行。

# **6** 一般要求

# **6.1** 材料

**6.1.1** 产品所使用的材料应符合设计要求，并有机械性能和化学成分合格证明书、质量保证书。材料进厂后应进行验收试验，检验合格后方可使用。

**6.1.2** 零件锻造毛坯应符合GB/T 12361或JB/T 5000.8的规定。

**6.1.3** 铸造零件采用灰口铸铁时不应低于HT200，并应符合GB/T 9439的规定,采用球墨铸铁时应符合GB/T 1348的规定。

**6.1.4** 预应力FRP用锚具或夹具配套的胶粘剂性能应符合GB 50728中以钢为基材的结构胶的规定。

**6.1.5** 预应力FRP用锚具或夹具所使用的高强度螺栓性能等级不应低于8.8级，化学锚栓性能不应低于表3的规定。

表3 预应力FRP用锚具和夹具所使用化学锚栓的要求

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 螺杆规格 | 抗拉力kN | 抗剪力kN | 钻孔直径mm | 钻孔深度mm | 有效锚固深度mm |
| M8×110 | 15 | 10 | 10 | 80 | 75 |
| M10×130 | 25 | 15 | 12 | 90 | 85 |
| M12×160 | 45 | 25 | 14 | 110 | 105 |
| M16×190 | 65 | 40 | 18 | 130 | 120 |
| M20×260 | 90 | 55 | 24 | 170 | 160 |
| M24×300 | 110 | 70 | 28 | 210 | 200 |
| M30×380 | 150 | 120 | 34 | 270 | 260 |

# **6.2** 制造

**6.2.1** 产品应按技术文件要求进行加工，切削加工件应符合JB/T 5000.9的规定。

**6.2.2** 螺纹的未注精度等级不宜低于GB/T 197中的7H/8g。有特殊要求的螺纹应符合技术文件的规定。

**6.2.3** 机械加工零件上未注公差尺寸的公差等级不应低于GB/T 1804中的c级。

**6.2.4** 产品热处理加工应按技术文件要求进行，并应符合GB/T 16923或GB/T 16924的规定。

**6.2.5** 主要受力零件应按技术文件的要求进行超声波检测和磁粉检测，质量等级和检测方法应根据零件的材质、种类和用途等确定，并应符合技术文件和国家现行相关标准的规定。

**6.2.6** 锚具和夹具的零件表面宜做防锈处理，应优先使用对环境危害小的防锈处理工艺。

**6.2.7** 产品装配应符合JB/T 5000.10的规定。

# **6.3** 外观、尺寸及硬度

**6.3.1** 产品的外观应符合技术文件的规定，全部产品不应出现裂纹。

**6.3.2** 产品的尺寸及偏差应符合技术文件的规定。

**6.3.3** 预应力FRP拉索的尺寸及外观还应符合GB/T 35156的规定。

**6.3.4** 产品的硬度应符合技术文件的规定。

# **6.4** 质量文件

锚具和夹具应有完整的设计文件、原材料的质量证明文件、制造批次记录、性能检验记录，该类文件应具有可追溯性。

# **6.5** 其他要求

**6.5.1** 锚具

**6.5.1.1** 需要孔道灌浆的锚具或其附件上宜设置灌浆孔或排气孔。灌浆孔的孔位及孔径应**6.5.1.2** 满足灌浆工艺要求，且应有与灌浆管连接的构造。

**6.5.1.3** 用于低应力可更换型拉索的锚具，应有防松、可更换的装置。

**6.5.1.4** 体外预应力用FRP锚具和FRP拉索用锚具应有防腐蚀措施，且应符合结构的耐久性规定。

**6.5.1.5** 处于特殊环境（如高温、高湿、动荷载、介质侵蚀、放射等）的预应力FRP用锚具，除应按国家现行有关标准的规定采取相应的防范措施外，尚应采用耐环境因素作用的胶粘剂，其性能应符合GB 50728中4.8的规定，并按专门的工艺要求使用。

**6.5.2** 夹具

**6.5.2.1** 夹具应能重复使用。

**6.5.2.2** 夹具应有可靠的自锚性能、良好的松锚性能。

**6.5.2.3** 使用过程中，应能保证操作人员的安全。

# **6.6** 预应力FRP拉索用锚具

预应力FRP拉索用锚具的一般要求可参考本标准的相关规定执行或符合国家现行相关标准的规定。

# **7** 要求

# **7.1** 预应力FRP用锚具

**7.1.1** 静载锚固性能

**7.1.1.1** 预应力FRP用锚具的效率系数和组装件中预应力FRP受力长度的总伸长率应符合表4的规定。

表4 预应力FRP用锚具的静载锚固性能要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 锚具类型 | 效率系数 | 总伸长率 |
| 预应力FRP筋用锚具预应力FRP板用锚具预应力FRP拉索用锚具 |  ≥0.95  | ≥1.2% |
| 预应力纤维布用锚具 |  ≥0.50 | ≥0.6% |

**7.1.1.2** 预应力FRP-锚具组装件的公称极限抗拉力按式（1）计算：

…………………………………………（1）

**7.1.1.3** 预应力FRP-锚具组装件的破坏形式应是FRP的破断，而不应由锚具的失效导致试验终止。

**7.1.2** 疲劳荷载性能

**7.1.2.1** 预应力FRP-锚具组装件应通过200万次疲劳荷载性能试验，并应符合下列规定：

a）当锚固的预应力FRP为CFRP筋或CFRP板时，试验应力上限应为CFRP筋或CFRP板抗拉强度标准值*f*fk的65%，疲劳应力幅不应小于200MPa；

b）当锚固的预应力FRP为AFRP筋、AFRP板、BFRP筋或BFRP板时，试验应力上限应为索体抗拉强度标准值*f*fk的50%，疲劳应力幅度不应小于80MPa；

c）当锚固的预应力FRP为其他类型，以及工程有特殊需要时，试验应力上限和疲劳应力幅应符合国家现行相关标准的规定，或按设计要求确定。

**7.1.2.2** 预应力FRP拉索疲劳荷载性能的试验应力上限和疲劳应力幅度应符合7.1.2.1的要求，或根据拉索的类型符合国家现行相关标准的规定，或按设计要求确定。

**7.1.2.3** 预应力FRP-锚具组装件经受200万次循环荷载后，锚具不应发生疲劳破坏。当锚固的预应力FRP为FRP筋时，预应力FRP筋因锚具的夹持作用发生疲劳破坏的截面面积不应大于预应力FRP筋总截面面积的5%。

**7.1.3** 锚固区传力性能

对于新建结构，与预应力FRP筋用锚具配套的锚垫板和螺旋筋应能将锚具承担的预加力传递给混凝土结构的锚固区，锚固区传力性能应符合GB/T 14370的规定。

**7.1.4** 锚板强度

6孔及以上的预应力FRP筋用夹片式锚具的锚板应进行强度检验，并应符合GB/T 14370的规定。

**7.1.5** 内缩量

现场组装的预应力FRP用锚具的内缩量应符合表5的规定。

表5 锚具类型和预应力FRP的内缩量***α*** 单位为毫米

|  |  |
| --- | --- |
| 锚具类型 | *α* |
| 夹片式锚具 | 有顶压 | 3 |
| 无顶压 | 6 |

**7.1.6**  锚口摩阻损失

现场组装锚具的锚口摩阻损失不宜大于2%。

**7.1.7** 张拉锚固工艺

预应力FRP用锚具应满足分级张拉、补张拉和放张等张拉工艺的要求，张拉锚固工艺应易操作，加载力值均匀、稳定。

**7.1.8** 超张拉

成品预应力FRP拉索制作完成后应进行超张拉试验，并应符合GB/T 35156的规定。

# **7.2** 预应力FRP用夹具

**7.2.1** 预应力FRP用夹具的静载锚固性能应符合表6的规定。

表6 预应力FRP用夹具静载锚固性能要求

|  |  |
| --- | --- |
| 夹具类型 | 效率系数 |
| 预应力FRP筋用夹具预应力FRP板用夹具 | ≥0.90 |
| 预应力纤维布用夹具 | ≥0.50 |

**7.2.2** 预应力FRP-夹具组装件的破坏形式应是预应力FRP的破断，而不应由夹具的失效导致试验终止。

# **8** 试验方法

# **8.1** 一般规定

**8.1.1**  试验用FRP

**8.1.1.1** 组装件中预应力FRP的性能应符合相关标准的规定。预应力FRP筋的性能应符合GB/T 26743和GB/T 26745的规定，预应力FRP板的性能应符合GB/T 21490、GB/T 26745和JT/T 531的规定，预应力纤维布的性能应符合GB/T 21490、GB/T 21491和GB/T 26745的规定。

**8.1.1.2** 试验用FRP的尺寸公差应在受检锚具、夹具设计的匹配范围之内。

**8.1.1.3** 已受损伤的FRP不应用于组装件试验。

**8.1.2** 试验用预应力FRP-锚具、夹具组装件

**8.1.2.1** 试验用的预应力FRP-锚具、夹具组装件由产品零件和FRP组装而成。

**8.1.2.2** 试验用锚具、夹具应采用外观、尺寸和硬度检验合格的产品。组装时不应在锚固零件上添加或擦除影响锚固性能的介质。

**8.1.2.3** 静载锚固性能试验用预应力FRP-锚具、夹具组装件的受力长度不应小于3m，单根预应力FRP筋用锚具、夹具组装件的受力长度不应小于0.8m，或按照试验设备的要求及国家现行相关标准确定。

**8.1.2.4** 疲劳荷载性能试验用预应力FRP-锚具组装件的受力长度不应小于3m或按照试验设备的要求及国家现行相关标准确定。

**8.1.2.5** 预应力FRP拉索试件的索体受力长度应符合8.1.2.3和8.1.2.4的规定。当预应力FRP拉索试件的索体为预应力FRP筋时，静载锚固性能试验用预应力FRP拉索试件应保证索体的受力长度应符合表7的规定。

表7 预应力FRP筋索体的受力长度 单位为毫米

|  |  |
| --- | --- |
| 索体的公称直径 *d* | 索体的受力长度*l* |
| ≤100 | ≥30*d* |
| ＞100 | ≥3000 |

**8.1.2.6** 多根预应力FRP筋的组装件中各根预应力FRP筋应等长、平行、初应力均匀。

**8.1.3** 试验设备及仪器

力学性能试验用试验设备应符合以下规定：

a）试验机的测力系统应按照GB/T 16825.1的规定进行校准，并且其准确度不应低于1级；

b）试验机的使用量程选择应使最大试验荷载落在满载的10%～90%范围内，并尽量落在满载一边；

c）试验机应能获得恒定的试验速度。当试验速度不大于100MPa/min时，误差不应超过20%；当试验速度大于100MPa/min时，误差不应超过10%；

d）总伸长率测量装置的示值相对误差不应超过±1%；

e） 数据采集系统应能连续记录荷载、应变和位移。荷载测量装置分辨率应不大于100N，应变测量装置分辨率应不大于10×10-6，位移测量装置分辨率不应大于0.01mm。

# **8.2** 外观、尺寸及硬度检验

**8.2.1** 产品外观应用目测法检验。

**8.2.2** 产品尺寸应用直尺、游标卡尺、螺旋千分尺和塞环规等量具检验。

**8.2.3** 预应力FRP拉索的尺寸及外观应按JG/T 330的规定进行检验。

**8.2.4** 硬度检验应根据产品技术文件规定的表面位置、硬度值种类、硬度范围，选用相应的硬度测量仪器，按GB/T 230.1或GB/T 231.1的规定执行。

# **8.3** 超声波检测和磁粉检测

超声波检测和磁粉检测应按技术文件和现行相关国家标准规定的试验方法进行。

# **8.4** 静载锚固性能试验

**8.4.1** 预应力FRP-锚具或夹具组装件可按图1的装置进行静载锚固性能试验，受检锚具下方安装的环形支承垫板内径应与受检锚具或夹具配套使用的锚垫板上口直径一致。

**8.4.2** 组装件中各根预应力FRP筋应平行受拉，侧面不应设置有碍受拉或与预应力FRP筋产生摩擦的接触点(见图4）。

单位为毫米



说明：

1、9—试验锚具或夹具；

2、8—支承垫板；

3—加载用千斤顶；

4—承力台座；

5—FRP；

6—总伸长率测量装置；

7—荷载传感器。

图4 FRP-锚具或夹具组装件静载锚固性能试验装置示意图

**8.4.3** 如受检锚具或夹具为FRP筋用锚具或夹具，组装件应安装全部预应力FRP筋。

**8.4.4** 加载之前应先将各种测量仪表安装调试正确，如受检锚具或夹具为FRP筋用锚具或夹具，应先将各根FRP筋的初应力调试均匀。组装件的初应力可取FRP母材抗拉强度标准值的5％～10％；总伸长率测量装置的标距不宜小于1m。

**8.4.5** 加载步骤应符合下列规定：

a）对预应力FRP-锚具、夹具组装件分级等速加载，加载步骤应符合表8的规定，加载速度不宜低于100MPa/min；加载到最高一级荷载后，持荷1h；然后缓慢加载至破坏；

 表8 静载锚固性能试验的加载步骤 单位为兆帕

|  |  |
| --- | --- |
| 预应力FRP类型 | 每级应施加的荷载 |
| 预应力FRP筋预应力FRP板 | 0.20→0.40→0.60 |
| 预应力纤维布 | 0.20→0.30→0.40 |

b）用试验机或承力台座进行单根预应力FRP筋的组装件静载锚固性能试验时，加载速度可加快，但不宜超过200MPa/min；加载到最高一级荷载后，持荷时间可缩短，但不应少于10min，然后缓慢加载至破坏；

c）对于非鉴定性试验，试验过程中，当测得的、、满足7.1.1或7.2.1后可终止试验。

**8.4.6** 试验过程中应对下列内容进行测量、观察和记录：

a）荷载为0.1时总伸长率测量装置的标距和预应力FRP的受力长度；

b）测量试验荷载从0.1增长到最高一级荷载时，预应力FRP与锚具、夹具之间的相对位移Δ*a*（图3）；对于多孔预应力FRP筋用多孔夹片式锚具，应测量有代表性的若干根预应力FRP筋与锚具或夹具之间的相对位移Δ*a*；

单位为毫米



a）试验荷载为0.1时 b）试验荷载达到最高一级荷载时

图3 试验期间预应力FRP与锚具、夹具之间的相对位移示意图

c）组装件的实测极限抗拉力；

d）试验荷载从0.1增长到最高一级荷载时总伸长率测量装置标距的增量，并按式（4）计算预应力FRP受力长度的总伸长率；

…………………………………（4）

式中：

|  |  |
| --- | --- |
|  |  — 试验荷载从0.1增长到最高一级荷载时，总伸长率测量装置标距的增量，单位为毫米（mm）； |
|  |  — 试验荷载从0增长到0.1时，总伸长率测量装置标距增量的理论计算值，单位为毫米（mm）； |
|  |  — 总伸长率测量装置在试验荷载为0.1时的标距，单位为毫米（mm）； |
| *F* |  — 最高一级试验荷载的实测值，单位为千牛（kN）。 |

e）如采用测量加载用千斤顶活塞位移量计算预应力筋受力长度的总伸长率，应按式（5）计算；

…………………………………（5）

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | — | 试验荷载从0.1增长到最高一级荷载时，加载用千斤顶活塞的位移量，单位为毫米（mm）； |
|  | — | 试验荷载从0增长到0.1时，加载用千斤顶活塞位移量的理论计算值，单位为毫米（mm）； |
| ΣΔ*a* | — | 试验荷载从0.1增长到最高一级荷载时，预应力FRP端部与锚具、夹具之间的相对位移之和，单位为毫米（mm）； |
|  | — | 试验荷载为0.1时，预应力筋的受力长度，单位为毫米（mm）。 |
| *F* | — | 最高一级试验荷载的实测值，单位为千牛（kN）。 |

f）组装件的破坏部位与形式应符合下列规定：夹片式锚具或夹具在加载到最高一级荷载时，夹片不允许出现裂纹或断裂；在满足7.1.1或7.2.1后夹片允许出现微裂和纵向断裂，不应出现横向、斜向断裂及碎断；预应力FRP激烈破断冲击引起夹片的破坏或断裂属正常情况；粘结式锚具的静载锚固性能试验中，在满足7.1.1后失去粘结力时，属正常情况。

**8.4.7** 应进行3个组装件的静载锚固性能试验，全部试验结果均应作出记录。3个组装件的试验结果均应符合7.1.1或7.2.1的规定，不应以平均值作为试验结果。

**8.4.8** 对于现场组装的FRP-锚夹具组装件，如果FRP在锚具、夹具以外非夹持部位破断，且不符合7.1.1或7.2.1的规定，应更换FRP重新取样做试验；对于成品预应力FRP拉索，如果FRP在锚具以外部位破断，且不符合7.1.1或7.2.1的规定，应更换FRP拉索试样重新做试验。

**8.4.9** 检验报告除数据记录外，还应包括破坏部位及形式的图像记录，并有准确的文字述评。

# **8.5** 疲劳荷载性能试验

**8.5.1** 预应力FRP-锚具组装件的疲劳荷载性能试验应在疲劳试验机上进行。

**8.5.2** 预应力FRP-锚具组装件应垂直安置在试验机上，如图4所示，下端锚具前端应放置一储水筒；将其与锚具的间隙密封后，灌注水入其中，在试验过程中保持水位高度不低于300mm。

单位为mm



说明：

1 —试验夹具或锚具；

2 —垫板；

3 —横梁；

4 —作动器；

5 —立柱；

6 —试验索；

7 —储液筒；

8 —随动梁；

9 —密封罩；

10—水。

图4 索体疲劳试验装置示意

**8.5.3** 以约100MPa/min的速度加载至试验应力上限值，在调节疲劳应力幅度并用脉冲荷载加载，开始记录循环次数。

**8.5.4** 加载频率不应超过8Hz。

**8.5.5** 应连续进行3个组装件的疲劳荷载性能试验，试验过程中应对下列内容进行观察和记录：

a）试验锚具及预应力FRP的疲劳损伤及变形情况；

b）疲劳破坏的预应力FRP的断裂位置、数量及相应的循环次数。

**8.5.6** 疲劳荷载性能试验应做好安全防护措施。

# **8.6** 锚固区传力性能试验

锚固区传力性能试验应按GB/T 14370的规定执行。

# **8.7** 锚板强度检验

锚板强度检验应按GB/T 14370的规定执行。

# **8.8** 内缩量试验

内缩量试验应按GB/T 14370的规定执行。

# **8.9** 锚口摩阻损失试验

锚口摩阻损失试验应按GB/T 14370的规定执行。

# **8.10** 张拉锚固工艺试验

张拉锚固工艺试验应按GB/T 14370的规定执行。

# **8.11** 超张拉试验

成品预应力FRP拉索的超张拉试验应按JG/T 330的规定执行。

# **9** 检验规则

# **9.1** 检验分类

**9.1.1** 锚具、夹具的检验分出厂检验和型式检验。

**9.1.2** 有下列情况之一时，应进行型式检验：

a）新产品鉴定或老产品转厂生产时；

b）正式生产后，如结构、材料、工艺有较大改变，可能影响产品性能时；

c）正常生产时，每两年进行一次检验；

d）产品停产两年后，恢复生产时。

# **9.2** 检验项目

出厂检验和型式检验的检验项目应符合表9的规定。

表9 产品检验项目

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 锚具和夹具类别 | 检验项目 | 出厂检验 | 型式检验 | 要求 | 试验方法 |
| 锚具 | 外观 | √ | √ | 6.3.1，6.3.3 | 8.2.1，8.2.3 |
| 尺寸 | √ | √ | 6.3.2，6.3.3 | 8.2.2，8.2.3 |
| 硬度 | √ | √ | 6.3.4 | 8.2.4 |
| 超声波检测和磁粉检测 | √ | √ | 6.2.5 | 8.3 |
| 静载锚固性能 | √ | √ | 7.1.1 | 8.4 |
| 疲劳荷载性能 | - | √ | 7.1.2 | 8.5 |
| 锚固区传力性能（配套锚垫板和螺旋筋） | - | √ | 7.1.3 | 8.6 |
| 锚板强度（预应力FRP筋用夹片式锚具） | - | √ | 7.1.4 | 8.7 |
| 内缩量 | - | √ | 7.1.5 | 8.8 |
| 锚口摩阻损失（预应力FRP筋用夹片式锚具） | - | √ | 6.1.6 | 8.9 |
| 张拉锚固工艺 | - | √ | 7.1.7 | 8.10 |
| 超张拉（成品预应力FRP拉索） | √ | √ | 7.1.8 | 8.11 |
| 夹具 | 外观 | √ | √ | 6.3.1 | 8.2.1 |
| 尺寸 | √ | √ | 6.3.2 | 8.2.2 |
| 硬度 | √ | √ | 6.3.4 | 8.2.4 |
| 超声波检测和磁粉检测 | √ | √ | 6.2.5 | 8.3 |
| 静载锚固性能 | √ | √ | 7.1.1 | 8.4 |
| 注：“-”为非检验项目，“√”为检验项目 |

# **9.3** 组批和抽样

**9.3.1**  出厂检验

**9.3.1.1** 出厂检验时，每批产品的数量是指同一种规格的产品，同一批原材料，用同一种工艺一次投料生产的数量。每个抽检组批不应超过2000件（套），每批产品抽样数量应符合下列规定：

a）外观、尺寸：抽样数量不应少于5%且不应少于10件（套）；

b）硬度（有硬度要求的零件）：抽样数量每炉不应少于6件（套）；

c）超声波检测和磁粉检测：主要受力零件应全数检验；

d）静载锚固性能：应在上述项目检验合格后的产品中按锚具、夹具的成套产品抽样，每批抽样数量为3个组装件的用量；

e）超张拉：成品预应力FRP拉索应全数检验。

**9.3.1.2** 连续生产时，出厂检验可按月取样进行，并应符合下列规定：

a）外观、尺寸：抽样数量不应少于月生产量的5%；

b）硬度（有硬度要求的零件）：抽样数量不应少于月生产量的3%；

c）超声波检测和磁粉检测：主要受力零件应全数检验；

d）静载锚固性能：同一规格锚具、夹具抽样数量每两月不应少于3个组装件的用量；

e）超张拉：成品预应力FRP拉索应全数检验；

f）上述检验结果如质量不稳定，应增加取样。

**9.3.2** 型式检验

**9.3.2.1** 对于新产品鉴定的型式检验，预应力FRP用锚具的型式检验组批数量不应少于30件（套），预应力FRP用夹具的型式检验组批数量不应少于12件（套），抽样数量应符合9.3.2.2和9.3.2.3的规定；对于批量生产的定型产品周期性的型式检验，应在型式检验周期内生产并经出厂检验合格的产品中随机抽取被检样品，抽样数量应符合9.3.2.2和9.3.2.3的规定；预应力FRP筋用锚具和夹具的型式检验，应按GB/T 14370的规定分组并抽样。

**9.3.2.2** 预应力FRP用锚具抽样数量应符合下列规定：

a）外观、尺寸及硬度（有硬度要求的产品）：12件（套）；

b）超声波检测和磁粉检测：主要受力零件各3件；

c）静载锚固性能：3个组装件的用量；

d）疲劳荷载性能：3个组装件的用量；

e）锚板强度：应在已通过静载锚固性能试验并合格的锚板中抽取3件；

f）内缩量、锚口摩阻损失、锚固区传力性能和张拉锚固工艺：各抽取3组试验的用量；

g）超张拉：3套成品预应力FRP拉索。

**9.3.2.3** 预应力FRP用夹具的型式检验抽样数量应符合下列规定：

a）外观、尺寸及硬度（有硬度要求的产品）：6件（套）；

b）超声波检测和磁粉检测：主要受力零件各3件；

c）静载锚固性能：3个组装件的用量。

# **9.4** 检验结果的判定

**9.4.1** 出厂检验

**9.4.1.1** 外观

所有受检样品均应符合规定，如有1个零件不符合规定，则应对本批全部产品进行逐件检验，符合规定者判定该零件外观合格。

**9.4.1.2** 尺寸、硬度

所有受检样品均应符合规定，如有1个零件不符合规定，应另取双倍数量的零件重新检验；如仍有1个零件不符合规定，则应对本批产品进行逐件检验，符合规定者判定该零件该性能合格。

**9.4.1.3** 超声波检测和磁粉检测、超张拉

所有受检样品均应符合规定，不符合规定的零件出厂检验不合格。

**9.4.1.4** 静载锚固性能

3个组装件中如有2个组装件不符合规定，应判定该批产品不合格；3个组装件中如有1个组装件不符合规定，应另取双倍数量的样品重做试验，如仍有不符合规定者，应判定该批产品出厂检验不合格。

**9.4.2** 型式检验

**9.4.2.1** 外观、尺寸、硬度、超声波检测和磁粉检测、静载锚固性能、疲劳荷载性能、锚固区传力性能、锚板强度、超张拉

以上项目中有任意一项不合格者，型式检验判为不合格。

**9.4.2.2**  内缩量、锚口摩阻损失

内缩量和锚口摩阻损失为测量数据的项目，不作合格性判定。

**9.4.2.3** 张拉锚固工艺

该项目为检验锚具对张拉工艺的适应性的项目，不作合格性判定。

# **10** 标志、包装、运输和贮存

# **10.1** 标志

产品应在显著位置标明企业标志和产品规格。

# **10.2** 包装

**10.2.1** 锚具、夹具出厂时应经防锈处理后成箱包装，拉索包装应符合GB/T 35156的规定。

**10.2.2** 包装箱外壁明显位置上应标明：制造厂名、产品名称、规格、型号、产品批号和出厂日期。

**10.2.3** 产品出厂装箱时应附带下列文件，并装入防潮文件袋内：

a） 产品合格证；

b） 产品说明书；

c） 装箱单。

**10.2.4** 产品合格证应包括以下内容：

a）型号和规格；

b）适用的FRP品种、规格、强度等级；

c）产品批号；

d）出厂日期；

e）有签章的质量合格文件；

f）厂名、厂址。

**10.2.5** 产品说明书的编制应符合GB/T 9969的规定，并应包括以下内容：

a）产品使用工艺；

b）产品对FRP的匹配要求；

c）产品应用技术参数；

d）允许施加全部预加力时混凝土构件应达到的特征抗压强度；

e）内缩量；

f）锚口摩阻损失（预应力FRP筋用夹片式锚具）。

**10.2.6**  产品包装的其他技术条件应符合JB/T 5000.13的规定。

# **10.3** 运输和贮存

**10.3.1** 在运输、贮存过程中，锚具和夹具均应妥善保管，避免锈蚀、沾污、遭受机械损伤或散失。

**10.3.2** 产品应存放在通风良好、防潮、防晒和防腐蚀的仓库内，临时性的防护措施不应影响安装操作的效果和永久性防锈措施的实施。