



中华人民共和国交通运输行业标准

JT/T 329—2025

代替 JT/T 329—2010

公路桥梁预应力钢绞线用锚具、 夹具和连接器

Prestressing strand anchorage, grip and coupler for highway bridge

2025-03-24 发布

2025-07-01 实施

中华人民共和国交通运输部 发布

目 次

前言 Ⅲ

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 分类、型号、结构形式与规格 3

5 技术要求 4

6 试验方法 6

7 检验规则 13

8 标志、包装、运输和储存 15

附录 A (资料性) 锚具结构形式与规格 16

附录 B (资料性) 连接器结构形式与规格 22

附录 C (规范性) 传力性能试验 24

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。

本文件代替 JT/T 329—2010《公路桥梁预应力钢绞线用锚具、夹具和连接器》。与 JT/T 329—2010 相比,除结构调整和编辑性改动外,主要技术变化如下:

- 更改了锚具、夹具、连接器、实测极限拉力、受力长度等术语的定义(见 3.1、3.2、3.3、3.7、3.8, 2010年版的 3.1.1、3.1.2、3.1.3、3.1.7、3.1.8、3.1.9);
- 删除了张拉端锚具、固定端锚具、锚下垫板、锚固区的术语和定义(见 2010年版的 3.1.1.1、3.1.1.2、3.1.10、3.1.11);
- 增加了钢绞线—夹具组装件、锚口摩阻损失、低回缩张拉端锚具的术语和定义(见 3.5、3.10、3.12);
- 更改了分类和型号(见 4.1、4.2, 2010年版的 4.1、4.2);
- 增加了夹片、锚板、支承螺母、连接体等的材料要求(见 5.2.2、5.2.3);
- 更改了螺旋筋的材料要求(见 5.2.5, 2010年版的 6.1.4);
- 增加了锚板的强度要求和试验方法(见 5.5.1.3、6.5);
- 更改了锚固区传力性能要求和试验方法(见 5.5.1.8、C.3, 2010年版的 C.2、C.5);
- 删除了周期荷载性能要求和试验方法(见 2010年版的 6.6.3、7.5);
- 更改了连接器的性能要求(见 5.5.3, 2010年版的 6.8);
- 更改了夹片、锚板和连接体的硬度检测要求(见 6.2.3、6.2.4, 2010年版的 7.2.2);
- 更改了锚具、连接器总应变的计算方法(见 6.3.8, 2010年版的 7.3.8);
- 更改了锚具、夹具和连接器的疲劳试验要求(见 6.4.1, 2010年版的 7.4.1);
- 增加了低回缩张拉端锚具的内缩量试验方法(见 6.6);
- 更改了检验项目和抽样要求(见 7.1.1、7.2, 2010年版的 8.2、8.3);
- 更改了圆锚张拉端锚具的锚板布孔要求(见 A.2.1, 2010年版的 A.1.6);
- 删除了 13 系列锚具和连接器的规格(见 2010年版的表 A.2、表 A.4、表 A.6、表 A.8、表 A.9、表 B.2);
- 删除了固定端压花锚具的结构形式和规格(见 2010年版的 A.3);
- 增加了低回缩张拉端锚具、单根组合式连接器的结构形式和规格(见 A.4 和 B.3)。

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。

本文件由全国交通工程设施(公路)标准化技术委员会(SAC/TC 223)提出并归口。

本文件起草单位:中交公路规划设计院有限公司、柳州欧维姆机械股份有限公司、成都市新筑交通科技有限公司、安徽金星预应力工程技术有限公司、中路高科交通检测检验认证有限公司、中交(北京)交通产品认证中心有限公司、四川双建路桥机械有限责任公司、天津圣文预应力机械有限公司、杭州富锚机械有限公司、中建研科技股份有限公司、河南省交通规划设计研究院股份有限公司、中铁长江交通设计集团有限公司、中冶建筑研究总院有限公司、中交一公局集团有限公司、中交第二公路工程局有限公司、中交二航局建筑科技有限公司。

本文件主要起草人:李会驰、崔冰、翟慧娜、曾滨、蒋业东、何岗、钟智强、李明、华晓江、陈洪彬、张仪军、张金顺、董江云、陈茜、李斐然、刘小辉、张志新、刘勋、刘长军、魏乐永、王晓锋、于世华。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为:

JT/T 329—2025

- 1997年首次发布为JT/T 329.1—1997、JT/T 329.2—1997；
- 2010年第一次修订，整合修订为JT/T 329—2010；
- 本次为第二次修订。

公路桥梁预应力钢绞线用锚具、夹具和连接器

1 范围

本文件规定了公路桥梁预应力钢绞线用锚具、夹具和连接器的分类、型号、结构形式与规格、技术要求、试验方法、检验规则,以及标志、包装、运输和储存等要求。

本文件适用于公路桥梁预应力混凝土结构用公称直径 15.2 mm 钢绞线的锚具、夹具和连接器的生产和产品质量检验。

本文件不适用于拉索和吊索。

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 191 包装储运图示标志

GB/T 197—2018 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

GB/T 231.1 金属材料 布氏硬度试验 第1部分:试验方法

GB/T 699—2015 优质碳素结构钢

GB/T 700—2006 碳素结构钢

GB/T 1348—2019 球墨铸铁件

GB 1499.1—2024 钢筋混凝土用钢 第1部分:热轧光圆钢筋

GB/T 1804—2000 一般公差 未注公差的线性尺寸和角度尺寸的公差

GB/T 3077—2015 合金结构钢

GB/T 3274—2017 碳素结构钢和低合金结构钢热轧钢板和钢带

GB/T 5224 预应力混凝土用钢绞线

GB/T 9439—2023 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 15822.1 无损检测 磁粉检测 第1部分:总则

GB/T 16825.1—2022 金属材料 静力单轴试验机的检验与校准 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 34889 钢件的渗碳与碳氮共渗淬火回火

JB/T 5000.15—2007 重型机械通用技术条件 第15部分:锻钢件无损检测

JB/T 5936 工程机械 机械加工件通用技术条件

JB/T 5944 工程机械 热处理件通用技术条件

JB/T 5947 工程机械 包装通用技术条件

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

锚具 anchorage

用于保持钢绞线预应力并将其传递至混凝土结构的永久性锚固装置。

3.2

夹具 grip

用于建立或保持钢绞线预应力的临时性锚固装置。

3.3

连接器 coupler

用于连接钢绞线的装置。

3.4

钢绞线-锚具组装件 strand-anchorage assembly

单根或成束钢绞线和安装在其端部的锚具组合装配而成的受力单元。

3.5

钢绞线-夹具组装件 strand-grip assembly

单根或成束钢绞线和安装在其端部的夹具组合装配而成的受力单元。

3.6

钢绞线-连接器组装件 strand-coupler assembly

单根或成束钢绞线和连接器组合装配而成的受力单元。

3.7

实测极限拉力 ultimate tensile force

钢绞线-锚具(夹具、连接器)组装件在静载试验过程中加载至破坏时达到的最大拉力。

3.8

受力长度 tension length

钢绞线两端的锚具(夹具)或锚具(夹具)与连接器起夹点之间的净距。

3.9

内缩 draw-in

钢绞线在锚固过程中,由于张拉端锚具各零件之间、锚具与钢绞线之间的相对位移和局部塑性变形所产生的钢绞线回缩现象。

3.10

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

钢绞线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。

3.11

传力性能试验 load transfer test

用于验证局部锚固区荷载传递性能的试验。

3.12

低回缩张拉端锚具 low retraction anchorage

采用二次张拉工艺,将钢绞线的内缩量控制在1.0 mm以内的锚具。

4 分类、型号、结构形式与规格

4.1 分类

4.1.1 按使用性能和结构形式,公路桥梁预应力钢绞线用锚具分为:

- a) 张拉端锚具:
 - 1) 圆锚张拉端锚具,代号 YM;
 - 2) 扁锚张拉端锚具,代号 BM;
- b) 低回缩张拉端锚具,代号 YMD;
- c) 固定端挤压式锚具:
 - 1) 圆锚固定端挤压式锚具,代号 YMP;
 - 2) 扁锚固定端挤压式锚具,代号 BMP。

4.1.2 按结构形式,公路桥梁预应力钢绞线用夹具分为:

- a) 圆锚的夹具,代号 YMJ;
- b) 扁锚的夹具,代号 BMJ。

4.1.3 按使用性能,公路桥梁预应力钢绞线用连接器分为:

- a) 整体式连接器,代号 YJ;
- b) 单根组合式连接器,代号 YJD。

4.1.4 按钢绞线的强度级别,公路桥梁预应力钢绞线用锚具、夹具和连接器(以下简称产品)分为:

- a) 公称抗拉强度 1 860 MPa 钢绞线用产品,代号 1860;
- b) 公称抗拉强度 1 960 MPa 钢绞线用产品,代号 1960。

4.2 型号

产品的型号表示方法应符合图 1 的规定。

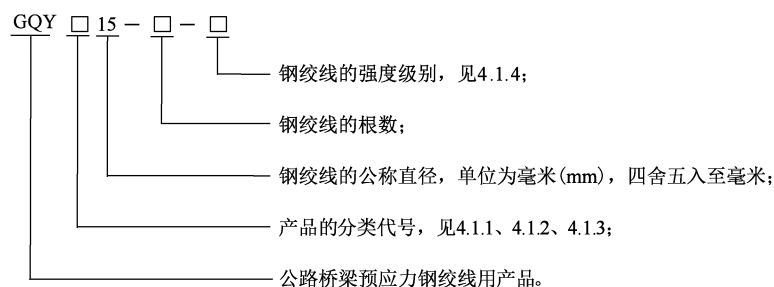


图 1 型号表示方法

示例 1:

锚固 19 根公称直径 15.2 mm、强度级别 1 860 MPa 钢绞线的圆锚张拉端锚具,其型号表示为“GQY YM15-19-1860”。

示例 2:

锚固 5 根公称直径 15.2 mm、强度级别 1 860 MPa 钢绞线的低回缩张拉端锚具,其型号表示为“GQY YMD15-5-1860”。

示例 3:

锚固 12 根公称直径 15.2 mm、强度级别 1 960 MPa 钢绞线的圆锚固定端挤压式锚具,其型号表示为“GQY YMP15-12-1960”。

4.3 结构形式与规格

- 4.3.1 张拉端锚具由夹片、锚板、锚垫板、螺旋筋等组成,其结构形式与规格见 A.2 和 A.3。
- 4.3.2 低回缩张拉端锚具由夹片、锚板、支承螺母、锚垫板、螺旋筋等组成,其结构形式与规格见 A.4。
- 4.3.3 固定端挤压式锚具由挤压锚固件、垫板、螺旋筋等组成,其结构形式与规格见 A.5 和 A.6。
- 4.3.4 夹具由夹片、锚板组成。
- 4.3.5 整体式连接器由连接体、挤压锚固件、夹片、锚垫板、螺旋筋等组成,其结构形式与规格见 B.2。
- 4.3.6 单根组合式连接器由单根连接件、分丝板、工作锚板、夹片、锚垫板、螺旋筋等组成,其结构形式与规格见 B.3。
- 4.3.7 锚板上相邻两锚孔的中心距应不小于 33 mm。
- 4.3.8 锚垫板的长度应保证钢绞线在锚具底口处的最大折角不大于 4°。
- 4.3.9 锚具或其附件上应设置灌浆孔或排气孔。灌浆孔的孔位及孔径应符合灌浆工艺要求,且应有与灌浆管连接的构造。
- 4.3.10 采用密封罩时,锚具应设置连接构造。

5 技术要求

5.1 一般要求

- 5.1.1 产品应具有可靠的锚固性能、足够的承载能力和良好的适用性。
- 5.1.2 产品应有完整的技术文件。技术文件包含原材料质量证明文件、制造批次记录、性能检验记录、产品合格文件等,应具有可追溯性。

5.2 材料

- 5.2.1 产品所用的材料应符合设计要求,并有机机械性能和化学成分合格证明书、质量证明书。材料进厂后,应进行力学性能试验和化学成分分析,检验合格后方可使用。
- 5.2.2 夹片的材料性能应不低于 GB/T 3077—2015 中 20CrMnTi 的要求。
- 5.2.3 锚板、支承螺母、连接体的材料性能应满足下列要求:
 - a) 采用优质碳素结构钢时,不低于 GB/T 699—2015 中 45 号钢的要求;
 - b) 采用合金结构钢时,不低于 GB/T 3077—2015 中 40Cr 号钢的要求。
- 5.2.4 锚垫板的材料性能应满足下列要求:
 - a) 采用灰口铸铁时,不低于 GB/T 9439—2023 中铸铁 HT200 的要求;
 - b) 采用球墨铸铁时,不低于 GB/T 1348—2019 中 QT450-10 的要求;
 - c) 采用碳素结构钢和低合金结构钢时,不低于 GB/T 3274—2017 中 Q235 号钢的要求。
- 5.2.5 螺旋筋的材料性能应不低于 GB/T 700—2006 中 Q235 号钢或 GB 1499.1—2024 中 HPB300 的要求。

5.3 制造

- 5.3.1 零件毛坯为锻造件时,应符合 GB/T 12361 的有关规定。
- 5.3.2 零件机械加工应符合 JB/T 5936 的有关规定。
- 5.3.3 零件热处理加工应符合 GB/T 34889 和 JB/T 5944 的有关规定。
- 5.3.4 零件表面宜做防锈处理,使用对环境危害小的防锈处理工艺。锚垫板和螺旋筋表面不应有影响其与混凝土结构黏结性能的油漆或油脂。

5.4 外观、尺寸与硬度

5.4.1 产品的外观满足下列要求:

- a) 所有零件均不应出现裂纹;
- b) 锚板和连接体应进行表面磁粉探伤,并符合 JB/T 5000.15—2007 中 2 级的规定。

5.4.2 螺纹副的未注精度等级,应不低于 GB/T 197—2018 中的 7H/8g。

5.4.3 未注公差尺寸的公差等级,应不低于 GB/T 1804—2000 中的 c 级。

5.4.4 夹片应进行化学热处理,表面硬度不小于 79.5HRA(或 57HRC)。夹片热处理后,应无氧化脱碳现象,同批次夹片硬度差不大于 3.0HRA(5HRC),同件夹片硬度差不大于 2.0HRA(3HRC)。

5.4.5 锚板、连接体宜经调质热处理或锥孔强化处理。若采用调质热处理,则表面硬度应不小于 20HRC(或 225HB)。

5.5 性能

5.5.1 锚具

5.5.1.1 钢绞线-锚具组装件的静载锚固性能满足下列要求:

- a) 锚具效率系数 η_a 应不小于 0.95;
- b) 钢绞线-锚具组装件达到实测极限拉力 F_{apu} 时,钢绞线受力长度的总应变 ε_{apu} 应不小于 2.0%;
- c) 钢绞线-锚具组装件的破坏形式应是钢绞线的断裂,锚具零件不应出现不适于继续承载的过度变形或碎裂。

5.5.1.2 钢绞线-锚具组装件应满足试验应力上限为钢绞线抗拉强度标准值 f_{ptk} 的 65%、应力幅度不小于 80 MPa、循环次数为 2×10^6 次的疲劳性能要求。钢绞线-锚具组装件的破坏形式不应是锚具零件发生疲劳破坏,钢绞线因锚具夹持作用发生疲劳破坏的面积应不大于试件总面积的 5%。

5.5.1.3 锚具用锚板应满足强度要求。静载锚固性能试验合格并卸载之后,锚板表面直径中心的残余挠度不大于配套锚垫板上口直径 D 的 1/600。

5.5.1.4 对于张拉端锚具,钢绞线内缩量宜不大于 6.0 mm。对于低回缩张拉端锚具,钢绞线内缩量宜不大于 1.0 mm。

5.5.1.5 锚口(含锚垫板)摩阻损失率合计宜不大于 6%。

5.5.1.6 锚具应满足分级张拉、补张拉和放松钢绞线等张拉工艺的要求。

5.5.1.7 当钢绞线-锚具组装件的轴线与设计轴线存在 5° 以内角度偏差时,应有与 5.5.1.1 相同的静载锚固性能。

5.5.1.8 锚固区传力性能应满足下列要求:

- a) 锚具满足预应力能可靠传递到混凝土结构的要求;
- b) 对规定尺寸和强度的混凝土传力试验构件施加不少于 10 次循环荷载,试验时传力性能符合下列规定:
 - 1) 第一次达到上限荷载时,试件裂缝宽度不大于 0.10 mm,其中,上限荷载取钢绞线公称极限拉力 F_{ptk} 的 80%, F_{ptk} 按公式(1)计算;

$$F_{ptk} = f_{ptk} A_{pk} n \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

F_{ptk} ——钢绞线的公称极限拉力,单位为牛(N);

f_{ptk} ——钢绞线的抗拉强度标准值,单位为牛每平方毫米(N/mm²);

A_{pk} ——钢绞线单根试件的公称截面面积,单位为平方毫米(mm²);

n ——钢绞线根数。

- 2) 最后一次达到下限荷载 $0.12F_{\text{ptk}}$ 时,试件裂缝宽度不大于 0.10 mm ;
- 3) 最后一次达到上限荷载 $0.8F_{\text{ptk}}$ 时,试件裂缝宽度不大于 0.25 mm ;
- 4) 循环加载过程结束时,混凝土构件的裂缝宽度、纵向应变和横向应变读数达到稳定;
- 5) 循环加载后,继续加载至 F_{ptk} 时,锚垫板不出现裂纹;
- 6) 继续加载直至混凝土构件破坏,混凝土构件破坏时的实测破坏荷载 F_u 符合公式(2)、公式(3):

$$F_u \geq F_{\text{ptk}} \frac{f_{\text{cm},0}}{f_{\text{ck},0}} \dots\dots\dots(2)$$

$$F_u \geq 1.1F_{\text{ptk}} \dots\dots\dots(3)$$

式中:

F_u ——混凝土试件的实测破坏荷载,单位为牛(N);

$f_{\text{cm},0}$ ——施加全部预应力时混凝土的平均抗压强度,单位为牛每平方米(N/mm^2);

$f_{\text{ck},0}$ ——施加全部预应力时混凝土的最小特征抗压强度,单位为牛每平方米(N/mm^2)。

5.5.2 夹具

5.5.2.1 夹具的静载锚固性能满足下列要求:

- a) 夹具效率系数 η_g 应不小于 0.92 ;
- b) 钢绞线-夹具组装件的破坏形式应是钢绞线的断裂(逐根或多根同时断裂),夹具零件不应出现不适于继续承载的过度变形或碎裂。

5.5.2.2 夹具应具有良好的松锚性能和重复使用性能。

5.5.3 连接器

5.5.3.1 在张拉预应力后永久留在混凝土结构和构件中的连接器应符合 5.5.1 的要求。

5.5.3.2 在张拉预应力后需放张和拆卸的连接器应符合 5.5.2 的要求。

6 试验方法

6.1 试验条件

6.1.1 试验用钢绞线满足下列要求:

- a) 钢绞线应有良好的匀质性,可由受检单位提供,同时还应提供该批钢绞线的质量合格证明书;
- b) 钢绞线的全部力学性能应符合 GB/T 5224 的规定,同时其直径公差、强度等级应符合产品的设计要求;
- c) 母材力学性能试验应从有代表性的部位取 6 根试件,实测抗拉强度平均值 f_{pm} 在相关钢绞线标准中的等级应与受检锚具、连接器的设计等级相同,超过该强度等级 100 MPa 时不宜采用。

6.1.2 试验用钢绞线-锚具(夹具、连接器)组装件满足下列要求:

- a) 试验用组装件应由产品零件和钢绞线束组装而成。
- b) 试验用锚具、夹具和连接器应采用经过外观、尺寸与硬度检验合格的产品。组装前,夹片表面和锚板锥孔表面的油污应擦拭干净,不应在锚固零件上添加影响锚固性能的物质,如金刚砂、石蜡、石墨、润滑剂等(设计规定的除外)。
- c) 多根钢绞线的组装件中各根钢绞线应平行、初应力均匀,不应扭转,其受力长度应不小于 3 m 。
- d) 单根钢绞线的组装件试件,钢绞线的受力长度应不小于 0.8 m 。
- e) 对于钢绞线在锚具夹持部位有偏转角度(锚孔与锚板底面不垂直或倾斜安装挤压头的连接器时)而使钢绞线在某个位置弯折时,可在此处安装轴向可移动的偏转装置(如约束圈等)。当对组装件施加拉力时,该偏转装置不应与钢绞线产生滑动摩擦。

6.1.3 试验机的测力系统应按 GB/T 16825.1—2022 的规定进行校准,并且其测量范围的级别应不低于 1 级;预应力筋总伸长量测量装置在测量范围内,示值相对误差为 $\pm 1.0\%$ 。

6.2 外观、尺寸与硬度

6.2.1 锚板和连接体按 GB/T 15822.1 的规定进行表面磁粉探伤;其他零件表面可采用放大镜检验。

6.2.2 产品尺寸采用直尺和游标卡尺等检测。

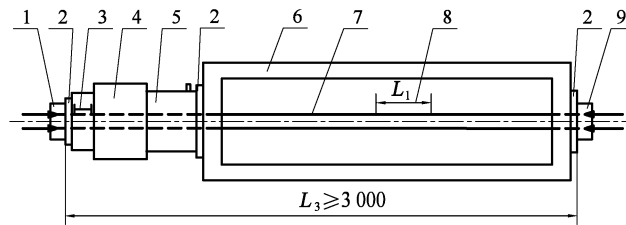
6.2.3 夹片锥面的硬度检测按 GB/T 230.1 的规定进行。检测应在专用工装上进行,并使硬度计压头施压方向与夹片弧面切面垂直。

6.2.4 锚板或连接体的硬度检测按 GB/T 230.1、GB/T 231.1 的规定进行。检测部位应选取锚板或连接体锥孔大端平面上的适当位置。检测前应磨去检测部位的机加工刀痕,露出金属光泽。

6.3 静载试验

6.3.1 钢绞线-锚具组装件和钢绞线-整体式连接器组装件的静载试验装置示意图 2、图 3,钢绞线-单根组合式连接器的静载试验按单根连接件进行试验,其静载试验装置示意图 4。锚具或连接器在试验装置上的受力条件(方式、部位、面积等)应与设计或工程实际情况一致。

单位为毫米

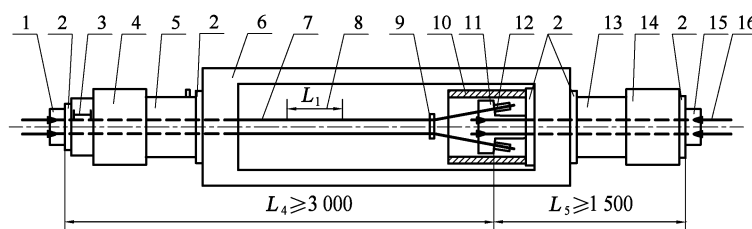


标引序号说明:

- | | | |
|-------------|-------------|----------------------|
| 1——试验锚具; | 5——荷载传感器; | 9——试验锚具或夹具; |
| 2——调整垫板; | 6——承力台座; | L_1 ——位移传感器 1 的标距; |
| 3——位移传感器 2; | 7——钢绞线; | L_3 ——钢绞线夹持计算长度。 |
| 4——加载用千斤顶; | 8——位移传感器 1; | |

图 2 钢绞线-锚具组装件静载试验装置示意

单位为毫米

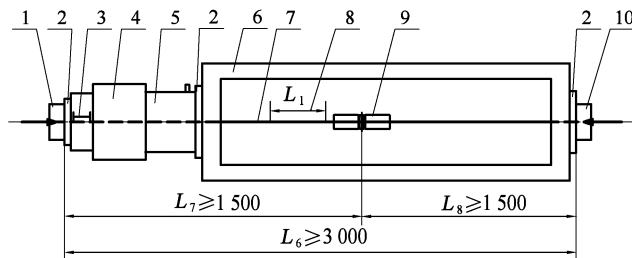


标引序号说明:

- | | | | |
|-------------|-------------|--------------|----------------------|
| 1——试验锚具; | 6——承力台座; | 11——连接体; | 16——辅助用筋; |
| 2——调整垫板; | 7——钢绞线; | 12——挤压锚固件; | L_1 ——位移传感器 1 的标距; |
| 3——位移传感器 2; | 8——位移传感器 1; | 13——荷载传感器 2; | L_4 ——钢绞线夹持计算长度; |
| 4——加载千斤顶 1; | 9——约束圈; | 14——加载千斤顶 2; | L_5 ——辅助用筋受力长度。 |
| 5——荷载传感器 1; | 10——防护钢套筒; | 15——试验锚具或夹具; | |

图 3 钢绞线-整体式连接器组装件静载试验装置示意

单位为毫米



标引序号说明:

- | | | | |
|------------|------------|--------------------|-------------------------|
| 1——试验锚具; | 5——荷载传感器; | 9——单根连接器; | L_7 ——连接器左侧钢绞线夹持计算长度; |
| 2——调整垫板; | 6——承力台座; | 10——试验锚具或夹具; | L_8 ——连接器右侧钢绞线夹持计算长度。 |
| 3——位移传感器2; | 7——钢绞线; | L_1 ——位移传感器1的标距; | |
| 4——加载用千斤顶; | 8——位移传感器1; | L_6 ——钢绞线夹持计算长度; | |

图4 钢绞线-单根组合式连接器组装件静载试验装置示意

6.3.2 钢绞线-整体式连接器组装件静载试验装置中,图3中连接器与右侧试验锚具或夹具之间的钢绞线为辅助用筋,其材质和试验件相同,受力长度宜不小于1.5 m。

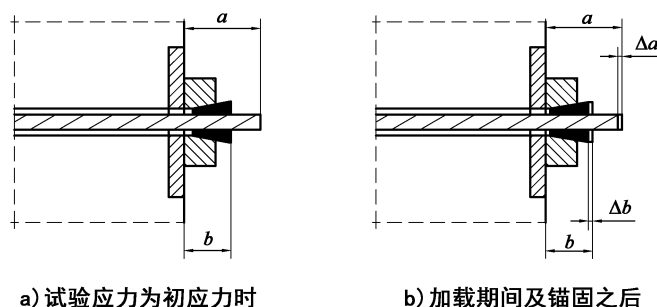
6.3.3 加载之前应先将各种测量仪表安装调试正确,各根钢绞线的初应力调试均匀,初应力可取 $0.05f_{ptk} \sim 0.1f_{ptk}$ 。

6.3.4 加载步骤满足下列要求:

- 按 $0.2f_{ptk}$ 、 $0.4f_{ptk}$ 、 $0.6f_{ptk}$ 、 $0.8f_{ptk}$ 分四级等速加载,加载速度为每分钟约 100 MPa,达到 $0.8f_{ptk}$ 后,持荷 1 h;
- 若用试验机进行单根钢绞线的组装件静载试验,在应力达到 $0.8f_{ptk}$ 时,持荷时间可缩短,但应不小于 10 min;
- 随后逐步缓慢加载至破坏,加载速度每分钟宜不超过 f_{ptk} 的 1%;
- 按 6.3.5 规定的项目进行测量和观察。

6.3.5 试验期间钢绞线及锚具(连接器)零件的位移示意图5,试验过程中观察和测量项目包括:

- 选取有代表性的若干根钢绞线,按施加荷载的前四级,逐级测量其与锚具(连接器)之间的相对位移(Δa)。
- 选取锚具或连接器若干有代表性的零件,按施加荷载的前四级,逐级测量其间的相对位移(Δb)。
- 试件的 F_{apu} 。
- 达到实测极限拉力时的 ε_{apu} 。
- 应力达到 $0.8f_{ptk}$ 后,在持荷的 1 h 期间,每 20 min 测量一次 Δa 和 Δb 。持荷期间 Δa 和 Δb 均无明显变化,保持稳定。如持续增加,不能保持稳定,则表明已经失去可靠的锚固能力,试验中止。
- 钢绞线应力达到 $0.8f_{ptk}$ 时,夹片不应出现裂纹和断裂;在试验加载至破坏时,夹片可出现微裂和纵向断裂,不应出现横向、斜向断裂及碎断;受钢绞线多根或整束断裂的剧烈冲击引起的夹片破坏或断裂属正常情况。



标引符号说明:

a ——钢绞线的初始外露量; Δa ——钢绞线与锚具(连接器)之间的相对位移;
 b ——夹片的初始外露量; Δb ——锚具(连接器)代表性零件之间的相对位移。

图5 试验期间钢绞线及锚具(连接器)零件的位移示意

6.3.6 钢绞线-整体式连接器组装件静载试验时,先将连接器按图3与承力台座右端连接,按6.3.3进行调试,随后用加载千斤顶2按6.3.4进行加载,应力达到 $0.8f_{ptk}$ 后持荷。再将连接器按图3与承力台座右端连接,按6.3.3、6.3.4和6.3.5进行静载试验。

6.3.7 连续进行3个组装件的静载试验,全部试验结果均作出记录。

6.3.8 锚具、连接器的 η_a 及 ε_{apu} 按下列方法计算:

a) η_a 按公式(4)计算。

$$\eta_a = \frac{F_{apu}}{F_{pm}} \quad \dots\dots\dots(4)$$

其中, F_{pm} 按公式(5)计算。

$$F_{pm} = f_{pm} A_{pk} n \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

η_a ——钢绞线-锚具组装件静载试验测得的锚具效率系数;

F_{apu} ——钢绞线-锚具组装件的实测极限拉力,单位为牛(N);

F_{pm} ——钢绞线的实际平均极限抗拉力,单位为牛(N);

f_{pm} ——试验所用钢绞线(截面以 A_{pk} 计)的实测极限抗拉强度平均值,单位为牛每平方米(N/mm^2)。

b) ε_{apu} 的计算如下:

1) 采用直接测量标距时,按公式(6)计算。

$$\varepsilon_{apu} = \frac{\Delta L_1 + \Delta L_2}{L_1 - \Delta L_2} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

ε_{apu} ——钢绞线-锚具组装件达到实测极限拉力时钢绞线的总应变;

ΔL_1 ——位移传感器1从张拉至 $0.1f_{ptk}$ 加载至极限应力时的位移增量,单位为毫米(mm);

ΔL_2 ——从0到张拉至 $0.1f_{ptk}$ 的伸长量理论计算值(标距内),单位为毫米(mm);

L_1 ——张拉至 $0.1f_{ptk}$ 时位移传感器1的标距,单位为毫米(mm)。

2) 采用测量加荷载用千斤顶活塞伸长量($\Delta L'$)计算 ε_{apu} 时,按公式(7)计算。

$$\varepsilon_{apu} = \frac{\Delta L'_1 + \Delta L'_2 - \Delta a}{L_2 - \Delta L'_2} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中:

$\Delta L'_1$ ——从张拉至 $0.1f_{ptk}$ 到极限应力时的活塞伸长量,单位为毫米(mm);

$\Delta L'_2$ ——从0到张拉至 $0.1f_{pk}$ 的伸长量理论计算值(夹持计算长度内),单位为毫米(mm);

Δa ——钢绞线相对试验锚具(连接器)的实测位移量,单位为毫米(mm);

L_2 ——张拉至 $0.1f_{pk}$ 时的钢绞线夹持计算长度,对于钢绞线-锚具组装件,取两端锚具之间的钢绞线长度(L_3);对于钢绞线-整体式连接器组装件,取试验锚具和挤压锚固件之间的钢绞线长度(L_4);对于钢绞线-单根组合式连接器组装件,取两端锚具之间的钢绞线长度(L_6),单位为毫米(mm)。

6.3.9 夹具的 η_g 按公式(8)计算:

$$\eta_g = \frac{F_{gpu}}{F_{pm}} \dots\dots\dots(8)$$

式中:

η_g ——钢绞线-夹具组装件静载试验测得的夹具效率系数;

F_{gpu} ——钢绞线-夹具组装件的实测极限拉力,单位为牛(N)。

6.4 疲劳试验

6.4.1 当疲劳试验机的最大循环力等能力不够时,按照试验结果有代表性的原则,可采用本系列中较小规格的试件,但应不少于实际钢绞线根数的1/2;或在不改变试件中各根钢绞线受力的条件下(例如钢绞线在锚具处的偏转角度),钢绞线根数可适当减少,但应不少于实际根数的1/2,且与中心轴转角偏差最大的钢绞线应包括在试验范围之内。

6.4.2 以100 MPa/min的速率加载至试验应力上限值,再调节应力幅度达到下限值后,开始记录循环次数。

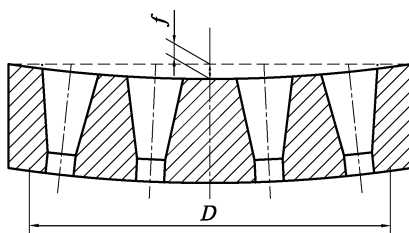
6.4.3 加载频率应不超过每分钟500次。

6.4.4 连续进行3个组装件的疲劳试验,试验过程中观察并记录:

- 试验锚具和连接器部件及钢绞线疲劳损伤情况及变形情况;
- 疲劳破坏的钢绞线的断裂位置、数量以及相应的疲劳次数。

6.5 锚板强度试验

6.5.1 取通过静载锚固性能试验并合格的锚板按图6所示测量锚板表面中心的残余挠度 f 。



标引符号说明:

D ——配套锚垫板上口的直径;

f ——锚板表面中心的残余挠度。

图6 锚板表面中心残余挠度测量示意

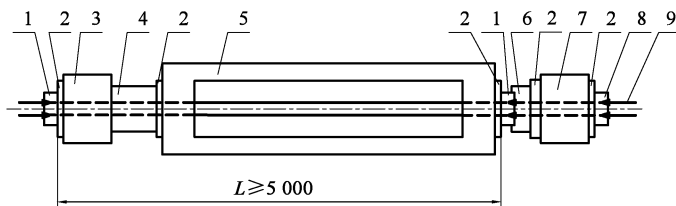
6.5.2 每种型号锚板应测量3件。

6.6 内缩量试验

6.6.1 内缩量试验可在台座或混凝土承压构件上进行。张拉端锚具内缩量试验装置示意图7,低

回缩张拉端锚具内缩量试验装置示意图8。钢绞线受力长度不小于5 m,张拉力按 $0.8F_{pk}$ 取用。

单位为毫米

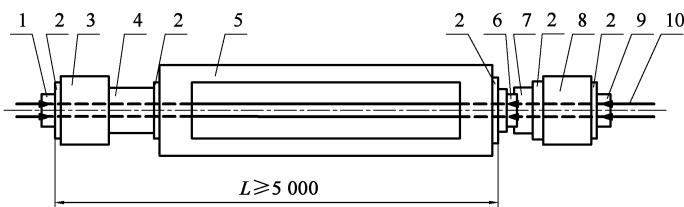


标引序号说明:

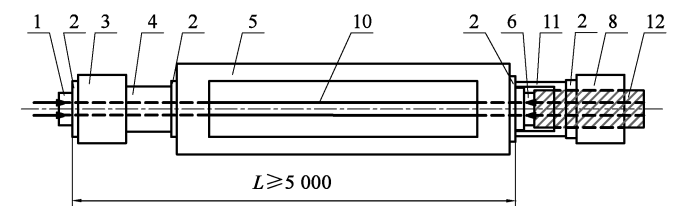
- | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-------------------|
| 1——试验锚具; | 4——荷载传感器; | 7——加载千斤顶; | L ——钢绞线的夹持计算长度。 |
| 2——调整垫板; | 5——台座; | 8——夹具; | |
| 3——辅助千斤顶; | 6——限位板; | 9——钢绞线; | |

图7 张拉端锚具内缩量试验装置示意

单位为毫米



a) 第一次张拉



b) 第二次张拉

标引序号说明:

- | | | | |
|-----------|-----------------|---------------|-------------------|
| 1——试验锚具; | 5——台座; | 9——夹具; | L ——钢绞线的夹持计算长度。 |
| 2——调整垫板; | 6——试验锚具(含支承螺母); | 10——钢绞线; | |
| 3——辅助千斤顶; | 7——限位板; | 11——二次张拉撑脚; | |
| 4——荷载传感器; | 8——加载千斤顶; | 12——二次张拉辅助装置; | |

图8 低回缩张拉端锚具内缩量试验装置示意

6.6.2 低回缩张拉端锚具内缩量试验采用两次张拉锚固方法(需有拧紧支承螺母的配套装置)。第一次张拉到 $0.8F_{pk}$ 时放张,夹片跟进锚固;第二次张拉到 $0.8F_{pk}$ 时,旋紧支承螺母后放张锚固。

6.6.3 张拉端锚具的内缩量 Δa 可根据锚固前后测得的钢绞线拉力差值计算得出,也可用测量锚固处钢绞线相对位移的方法直接测出;低回缩张拉端锚具的内缩量 Δa 根据第二次张拉锚固前后测得的钢绞线拉力差值计算得出。若根据锚固前后测得的钢绞线拉力差值计算,按公式(9)计算。

$$\Delta a = \frac{(P_1 - P_2) \times L}{E \times A_{pk} \times n} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

Δa ——钢绞线内缩量,单位为毫米(mm);

P_1 ——张拉到 $0.8F_{ptk}$ 时荷载传感器的读数,单位为牛(N);

P_2 ——锚固后荷载传感器的读数,单位为牛(N);

L ——钢绞线的夹持计算长度,单位为毫米(mm);

E ——钢绞线的弹性模量,单位为牛每平方毫米(N/mm²)。

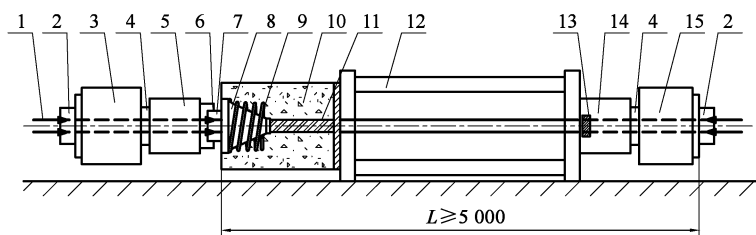
6.6.4 试验用的试件应不少于3个,并取其内缩量平均值作为该规格锚具的 Δa 。

6.7 锚口(含锚垫板)摩阻损失试验

6.7.1 锚口(含锚垫板)摩阻损失试验可在模拟锚固区的混凝土块体和张拉台座上进行,见图9。试验满足下列要求:

- 钢绞线受力长度应不小于5 m;
- 混凝土块体的配筋及构造配筋应按结构设计要求布置,锚垫板及螺旋筋应安装齐备,试件内管道应顺直;
- 试验装置不宜使预应力筋在管道处产生摩擦,预留管道的内径应比锚垫板小口内径稍大;
- 试验装置不宜使预应力筋在被动端产生摩擦,被动端的钢质约束环内径应比锚垫板小口内径稍小;
- 张拉力应为钢绞线的 $0.8F_{ptk}$ 。

单位为毫米



标引序号说明:

- | | | | |
|------------|--------------|-------------|-------------------|
| 1——钢绞线; | 5——主动端荷载传感器; | 9——螺旋筋; | 13——钢质约束环; |
| 2——夹具; | 6——限位板; | 10——混凝土块体; | 14——被动端荷载传感器; |
| 3——主动端千斤顶; | 7——试验锚具; | 11——预应力筋管道; | 15——被动端千斤顶; |
| 4——调整垫板; | 8——锚垫板; | 12——台座; | L ——钢绞线的夹持计算长度。 |

图9 锚口(含锚垫板)摩阻损失试验装置示意

6.7.2 用主、被动端荷载传感器测出的钢绞线拉力差值即为锚具的锚口(含锚垫板)摩阻损失。锚口(含锚垫板)摩阻损失率按公式(10)计算。

$$\delta = \frac{P_3 - P_4}{P_3} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(10)$$

式中:

δ ——锚口(含锚垫板)摩阻损失率;

P_3 ——主动端荷载传感器的读数,单位为牛(N);

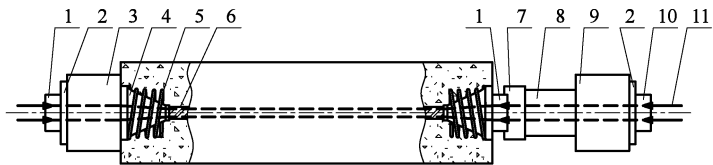
P_4 ——被动端荷载传感器的读数,单位为牛(N)。

6.7.3 试验用的试件应不少于3个,并取其摩阻损失率平均值作为该规格锚具的 δ 。

6.8 张拉锚固工艺试验

6.8.1 根据预应力张拉锚固体系的构造安排,设计制作专门的长度不小于5 m的钢筋混凝土模拟块

体作为试验平台,混凝土块体中应包含锚垫板、螺旋筋、波纹管等,见图 10。



- 标引序号说明:
- | | | | |
|-------------|---------|-------------|----------|
| 1——试验锚具; | 4——锚垫板; | 7——限位板; | 10——夹具; |
| 2——调整垫板; | 5——螺旋筋; | 8——荷载传感器; | 11——钢绞线。 |
| 3——加载千斤顶 1; | 6——波纹管; | 9——加载千斤顶 2; | |

图 10 张拉锚固工艺试验装置示意

6.8.2 用配套张拉设备按 $0.3f_{ptk}$ 、 $0.6f_{ptk}$ 和 $0.8f_{ptk}$ 进行分级张拉,进行至少三次最大张拉应力为 $0.8f_{ptk}$ 的张拉、锚固和放松操作。

- 6.8.3 通过张拉锚固工艺试验,观察并记录:
- a) 预应力体系是否具有分级张拉或因张拉设备倒换行程需要进行临时锚固的可能性;
 - b) 张拉发生故障时,是否能将组装件内钢绞线全部放松。

6.9 偏转角度试验

将锚具或连接器的轴线与设计轴线偏转 5° 安装,按 6.3 进行静载试验。

6.10 传力性能试验

传力性能试验按照附录 C 进行。

7 检验规则

7.1 检验分类

7.1.1 产品的检验应包含型式检验和出厂检验,检验项目应符合表 1 的要求。

表 1 型式检验和出厂检验项目要求

检验项目	技术要求	试验方法	出厂检验	型式检验
外观、尺寸与硬度	5.4	6.2	+	+
静载性能	5.5.1.1、5.5.2.1	6.3	+	+
疲劳性能	5.5.1.2	6.4	-	+
锚板强度	5.5.1.3	6.5	-	+
钢绞线内缩量	5.5.1.4	6.6	-	+
锚口(含锚垫板)摩阻损失	5.5.1.5	6.7	-	+
张拉锚固工艺	5.5.1.6	6.8	-	+
锚具偏转角度	5.5.1.7	6.9	-	+
锚固区传力性能	5.5.1.8	附录 C	-	+
注:“+”表示进行该项检验,“-”表示为选做。				

- 7.1.2 有下列情况之一时,应进行型式试验:
- a) 新产品投产或老产品转厂生产的试制定型鉴定;

- b) 正常生产后,结构、材料、工艺有改变,可能影响产品性能时;
- c) 停产2年及以上,恢复生产时;
- d) 正常生产时,每3年进行一次检验。

7.1.3 技术或质量鉴定时的型式检验应由国家指定的质量检测机构主持进行,为新产品研制和生产厂产品质量控制用的型式检验可在本单位进行。

7.1.4 每批产品交货前应进行出厂检验。

7.2 抽样

7.2.1 出厂检验

7.2.1.1 出厂检验时,每批产品的数量是指同一规格产品、同一批原材料、用同一种工艺一次投料生产的数量。每个抽检组批应不超过2 000套,并应符合下列规定:

- a) 外观、尺寸:抽样数量不少于5%且不少于10套;
- b) 硬度(有硬度要求的零件):抽样数量不少于热处理每炉装炉量的3%且不少于6套;
- c) 静载锚固性能:在外形外观及硬度检验合格后,按锚具、连接器的成套产品抽样,每批抽样数量为3个组装件。

7.2.1.2 同一规格、型号的产品连续生产、每批产量超过4 000套时,出厂检验可按月取样进行,并符合下列规定:

- a) 外观、尺寸:抽样数量应不少于月生产量的5%;
- b) 硬度(有硬度要求的零件):抽样数量应不少于月生产量的3%;
- c) 静载锚固性能:同一规格产品抽样数量每2月应不少于3个组装件;
- d) 上述检验结果如质量不稳定,应增加取样。

7.2.2 型式检验

7.2.2.1 对同一系列的产品,应按下列规定分组,并在每组中各选用一种规格的有代表性的产品进行型式检验:1~12孔为小规格组、13~19孔为中等规格组、20孔及以上为大规格组。

7.2.2.2 锚具及永久留在混凝土结构或构件中的连接器的型式检验组批数量应不少于30套,抽样数量应符合下列规定:

- a) 外观及硬度(有硬度要求的产品):12套;
- b) 静载锚固性能:3个组装件;
- c) 疲劳荷载性能:3个组装件;
- d) 锚板强度:在已通过静载锚固性能试验并合格的锚板中抽取3件;
- e) 内缩量、锚口(含锚垫板)摩阻损失、锚固区传力性能和张拉锚固工艺:各抽取3个组装件。

7.2.2.3 夹具及张拉后将要放张和拆卸的连接器的型式检验组批数量应不少于12套,抽样数量应符合下列规定:

- a) 外观及硬度(有硬度要求的产品):6套;
- b) 静载锚固性能:3个组装件。

7.3 判定规则

7.3.1 外观检验的尺寸按厂家提供的尺寸公差进行检验,如有一件尺寸超过允许偏差,应取双倍数量的零件重做检验,如仍有一件不符合要求,则应逐件检验,合格者方可使用。如发现一件有裂纹,则应对全部产品进行逐件检验,合格者方可使用。

7.3.2 硬度检验时,如有一个零件不合格,则应另取双倍数量的零件重做检验,如仍有一个零件不合

格,则应逐个检验,合格者方可使用。

7.3.3 静载锚固性能、疲劳荷载性能、锚固区传力性能和锚板强度按下列规定判定:

- a) 在3个组装件试件中,如有一个试件不符合要求,则可另取双倍数量的试件重做试验;如仍有一个试件不合格,则该批产品判定为不合格品;在3个组装件试件中,如有两个试件不符合要求,则应判定该批产品为不合格品。
- b) 若在钢绞线自由伸长段(非夹片夹持区)内出现断丝,应判定为钢绞线不合格导致试验结果不合格。
- c) 屈强比大于0.92的钢绞线与锚具组成的组装件在静载试验中出现锚固效率系数达到95%而伸长率不足2%的情况,不宜判定为锚具不合格,应更换钢绞线重新试验。
- d) 在疲劳试验后钢绞线出现颈缩断口时,应判定为非疲劳破坏,应重新取样重做试验。

7.3.4 内缩量、锚口(含锚垫板)摩阻损失试验为测量数据的项目,不作合格性判定。

7.3.5 张拉锚固工艺试验为检验锚具对张拉工艺的适应性的项目,不作合格性判定。

8 标志、包装、运输和储存

8.1 标志

8.1.1 产品外包装上应有产品名称、规格型号、执行标准、生产厂家、产品批号和生产日期。

8.1.2 运输包装物上应按 GB/T 191 的规定标注“怕雨”等标志。

8.2 包装

8.2.1 产品出厂的包装应符合 JB/T 5947 的有关规定,包装内应附有产品合格证、使用说明书和装箱单。

8.2.2 产品合格证的内容应包括规格型号,适用的钢绞线品种、规格、强度等级,产品批号,生产日期,质量合格签章,厂名和厂址。

8.2.3 产品使用说明书的编制应符合 GB/T 9969 的要求,说明书应包含产品使用工艺、钢绞线的匹配要求、保质期等内容。

8.3 运输和储存

产品运输、储存过程中均应妥善保护,防止雨淋、锈蚀、沾污、遭受机械损伤或散失,临时性的防护措施不应影响安装操作效果和永久性防锈措施的实施。

附录 A
(资料性)
锚具结构形式与规格

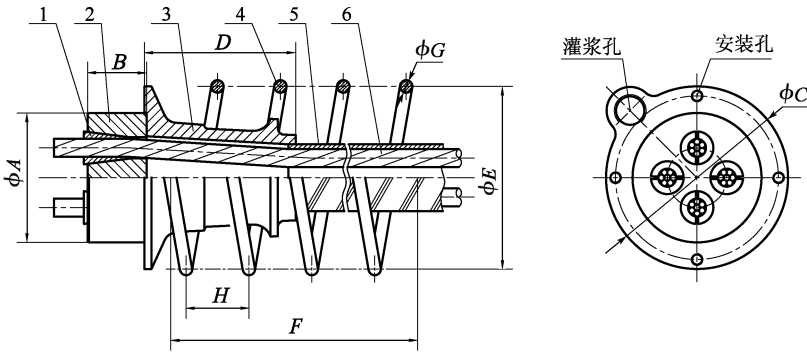
A.1 混凝土的强度等级

本附录中锚具适用的结构混凝土强度等级为 C40。

A.2 圆锚张拉端锚具

A.2.1 圆锚张拉端锚具的结构形式及锚固体体系示意图 A.1。锚板锥孔宜按下列原则进行布置：

- a) 布孔形式规则、对称、利于承载且便于安装；
- b) 1~6孔采用单圈布置,7~16孔采用两圈布置,17~27孔采用三圈布置,28孔及以上进行专项设计。



标引序号说明：

- | | | |
|---------|--------------|----------------|
| 1——夹片； | 6——钢绞线； | E——螺旋筋中心一圈的直径； |
| 2——锚板； | A——锚板的直径； | F——螺旋筋的布置高度； |
| 3——锚垫板； | B——锚板的高度； | G——螺旋筋的直径； |
| 4——螺旋筋； | C——锚垫板端面的外径； | H——螺旋筋的螺距。 |
| 5——波纹管； | D——锚垫板的高度； | |

图 A.1 圆锚张拉端锚具的结构形式及锚固体体系示意

A.2.2 1~27孔圆锚张拉端锚具的最小尺寸和质量见表 A.1,28孔及以上锚具宜进行专项设计。

表 A.1 圆锚张拉端锚具的最小尺寸和质量

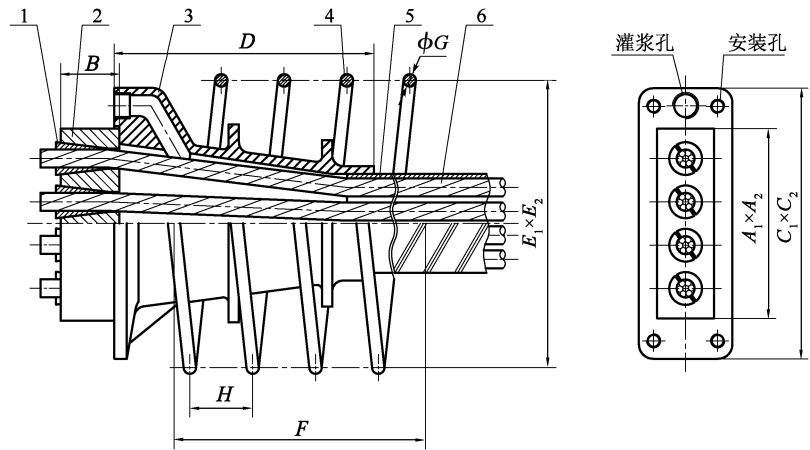
型号(GQY)	锚板		锚垫板			螺旋筋			
	ϕA mm	B mm	ϕC mm	D mm	质量 kg	ϕE mm	F mm	ϕG mm	H mm
YM15-1-1860*	$\phi 50$	48	—	—	—	$\phi 80$	120	$\phi 8$	30
YM15-2-1860	$\phi 86$	50	$\phi 130$	80	1.6	$\phi 115$	120	$\phi 8$	30
YM15-3-1860*	$\phi 91$	50	$\phi 130$	110	1.7	$\phi 120$	160	$\phi 10$	40
YM15-4-1860*	$\phi 102$	50	$\phi 145$	120	2.2	$\phi 140$	200	$\phi 10$	50

表 A.1 圆锚张拉端锚具的最小尺寸和质量（续）

型号(GQY)	锚板		锚垫板			螺旋筋			
	ϕA mm	B mm	ϕC mm	D mm	质量 kg	ϕE mm	F mm	ϕG mm	H mm
YM15-5-1860*	$\phi 112$	50	$\phi 160$	130	2.6	$\phi 150$	200	$\phi 10$	50
YM15-6-1860*	$\phi 126$	52	$\phi 180$	150	3.4	$\phi 170$	200	$\phi 12$	50
YM15-7-1860*	$\phi 126$	53	$\phi 180$	150	3.6	$\phi 170$	200	$\phi 12$	50
YM15-8-1860	$\phi 136$	55	$\phi 195$	160	4.4	$\phi 190$	200	$\phi 12$	50
YM15-9-1860*	$\phi 146$	55	$\phi 208$	160	4.7	$\phi 200$	200	$\phi 12$	50
YM15-10-1860	$\phi 156$	58	$\phi 220$	180	5.5	$\phi 205$	240	$\phi 14$	60
YM15-11-1860	$\phi 166$	58	$\phi 235$	190	5.7	$\phi 205$	240	$\phi 14$	60
YM15-12-1860*	$\phi 166$	60	$\phi 235$	190	6.1	$\phi 230$	240	$\phi 14$	60
YM15-13-1860	$\phi 170$	63	$\phi 235$	190	6.3	$\phi 230$	240	$\phi 14$	60
YM15-14-1860	$\phi 176$	65	$\phi 250$	210	7.7	$\phi 240$	240	$\phi 14$	60
YM15-15-1860*	$\phi 186$	68	$\phi 265$	245	9.3	$\phi 260$	300	$\phi 16$	60
YM15-16-1860	$\phi 196$	70	$\phi 265$	245	9.9	$\phi 260$	300	$\phi 16$	60
YM15-17-1860	$\phi 196$	73	$\phi 275$	265	11.3	$\phi 280$	300	$\phi 16$	60
YM15-18-1860	$\phi 206$	75	$\phi 285$	280	12.5	$\phi 280$	300	$\phi 16$	60
YM15-19-1860*	$\phi 206$	75	$\phi 285$	280	12.5	$\phi 280$	300	$\phi 16$	60
YM15-20-1860	$\phi 226$	80	$\phi 300$	290	15.0	$\phi 290$	300	$\phi 16$	60
YM15-21-1860	$\phi 226$	80	$\phi 300$	290	15.0	$\phi 290$	300	$\phi 16$	60
YM15-22-1860*	$\phi 226$	80	$\phi 300$	290	15.0	$\phi 290$	300	$\phi 18$	60
YM15-23-1860	$\phi 244$	85	$\phi 330$	300	19.0	$\phi 330$	300	$\phi 18$	60
YM15-24-1860	$\phi 244$	85	$\phi 330$	300	19.0	$\phi 330$	350	$\phi 18$	70
YM15-25-1860	$\phi 245$	85	$\phi 330$	300	19.0	$\phi 330$	350	$\phi 18$	70
YM15-26-1860	$\phi 245$	90	$\phi 330$	300	19.0	$\phi 330$	350	$\phi 18$	70
YM15-27-1860*	$\phi 245$	90	$\phi 330$	300	19.0	$\phi 330$	350	$\phi 18$	70
注1:加“*”者为优选规格。 注2:GQY YM15-1-1860配套锚垫板尺寸为80 mm × 80 mm × 14 mm（长 × 宽 × 高）。									

A.3 扁锚张拉端锚具

A.3.1 扁锚张拉端锚具的结构形式及锚固体系示意图 A.2。



- 标引序号说明:
- 1——夹片;

2——扁锚板;

3——扁锚垫板;

4——螺旋筋;

5——扁形波纹管;

6——钢绞线;
- A_1 ——扁锚板的长度;

A_2 ——扁锚板的宽度;

B ——锚板的高度;

C_1 ——扁锚垫板端面的长度;

C_2 ——扁锚垫板端面的宽度;

D ——锚垫板的高度;
- E_1 ——矩形螺旋筋中心一圈的长边长度;

E_2 ——矩形螺旋筋中心一圈的短边长度;

F ——螺旋筋的布置高度;

G ——螺旋筋的直径;

H ——螺旋筋的螺距。

图 A.2 扁锚张拉端锚具的结构形式及锚固体系示意

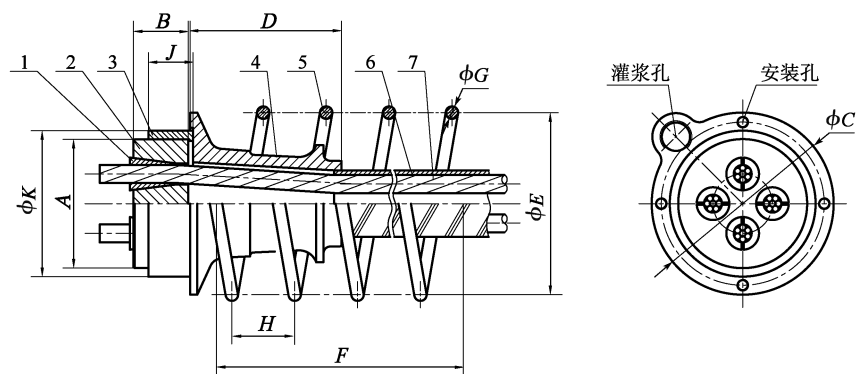
A.3.2 扁锚张拉端锚具的最小尺寸和质量见表 A.2。

表 A.2 扁锚张拉端锚具的最小尺寸和质量

型号(GQY)	扁锚板			扁锚垫板				螺旋筋				
	A_1 mm	A_2 mm	B mm	C_1 mm	C_2 mm	D mm	质量 kg	E_1 mm	E_2 mm	F mm	ϕG mm	H mm
BM15-2-1860	80	48	50	150	70	120	1.5	124	92	200	$\phi 8$	50
BM15-3-1860	115	48	50	180	70	150	2.1	162	92	200	$\phi 8$	50
BM15-4-1860	150	48	50	220	70	210	3.3	202	92	200	$\phi 8$	50
BM15-5-1860	185	48	50	260	70	250	4.6	242	92	250	$\phi 8$	50

A.4 低回缩张拉端锚具

A.4.1 低回缩张拉端锚具的结构形式及锚固体系示意图 A.3。



- 标引序号说明：
- | | | |
|----------|-------------------|-----------------|
| 1——夹片； | 7——钢绞线； | F ——螺旋筋的布置高度； |
| 2——锚板； | A ——锚板的直径； | G ——螺旋筋的直径； |
| 3——支承螺母； | B ——锚板的高度； | H ——螺旋筋的螺距； |
| 4——锚垫板； | C ——锚垫板端面的外径； | K ——支承螺母的直径； |
| 5——螺旋筋； | D ——锚垫板的高度； | J ——支承螺母的高度。 |
| 6——波纹管； | E ——螺旋筋中心一圈的直径； | |

图 A. 3 低回缩张拉端锚具的结构形式及锚固体系示意

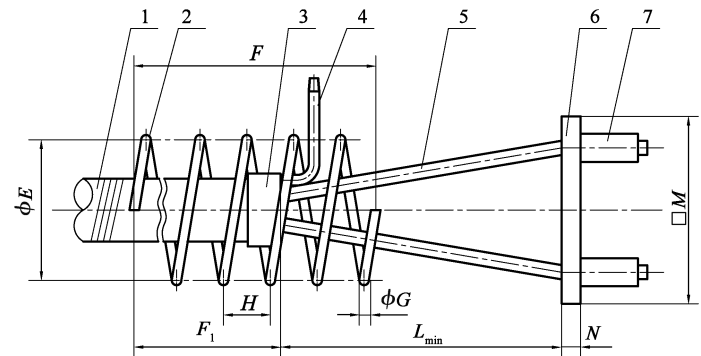
A. 4. 2 低回缩张拉端锚具的最小尺寸和质量见表 A. 3。

表 A. 3 低回缩张拉端锚具的最小尺寸和质量

型号(GQY)	锚板		锚垫板			螺母		螺旋筋			
	A mm	B mm	ϕC mm	D mm	质量 kg	ϕK mm	J mm	ϕE mm	F mm	ϕG mm	H mm
YMD15-1-1860	M50 × 3	58	—	—	—	$\phi 62$	30	$\phi 80$	120	$\phi 8$	30
YMD15-2-1860	M86 × 3	58	$\phi 145$	80	2.5	$\phi 102$	30	$\phi 115$	120	$\phi 8$	30
YMD15-3-1860	M91 × 3	58	$\phi 150$	80	2.7	$\phi 110$	30	$\phi 120$	160	$\phi 10$	40
YMD15-4-1860	M102 × 3	58	$\phi 160$	125	3.9	$\phi 120$	30	$\phi 140$	200	$\phi 10$	50
YMD15-5-1860	M115 × 3	58	$\phi 180$	130	4.9	$\phi 140$	30	$\phi 150$	200	$\phi 10$	50
YMD15-6-1860	M126 × 3	58	$\phi 195$	160	6.7	$\phi 155$	30	$\phi 170$	200	$\phi 12$	50
YMD15-7-1860	M126 × 3	58	$\phi 195$	160	6.7	$\phi 155$	30	$\phi 170$	200	$\phi 12$	50
YMD15-8-1860	M136 × 3	61	$\phi 205$	180	7.9	$\phi 165$	33	$\phi 190$	200	$\phi 12$	50
YMD15-9-1860	M146 × 3	61	$\phi 215$	190	8.8	$\phi 175$	33	$\phi 200$	200	$\phi 12$	50
注：GQY YMD-1-1860 配套锚下垫板尺寸为 80 mm × 80 mm × 14 mm（长 × 宽 × 高）。											

A.5 圆锚固定端挤压式锚具

A.5.1 圆锚固定端挤压式锚具的结构形式及锚固体系示意图 A.4。



- 标引序号说明：
- | | | |
|---------|------------------------|------------------------------|
| 1——波纹管； | 6——垫板； | G ——螺旋筋的直径； |
| 2——螺旋筋； | 7——挤压锚固件； | H ——螺旋筋的螺距； |
| 3——约束圈； | E ——螺旋筋中心一圈的直径； | $L_{\min}$ ——约束圈和垫板之间的钢绞线长度； |
| 4——排气管； | F ——螺旋筋的布置高度； | M ——垫板的边长； |
| 5——钢绞线； | F_1 ——约束圈以内螺旋筋的布置高度； | N ——垫板的厚度。 |

图 A.4 圆锚固定端挤压式锚具的结构形式及锚固体系示意

A.5.2 圆锚固定端挤压式锚具的最小尺寸见表 A.4,28 孔及以上锚具宜进行专项设计。

表 A.4 圆锚固定端挤压式锚具的最小尺寸

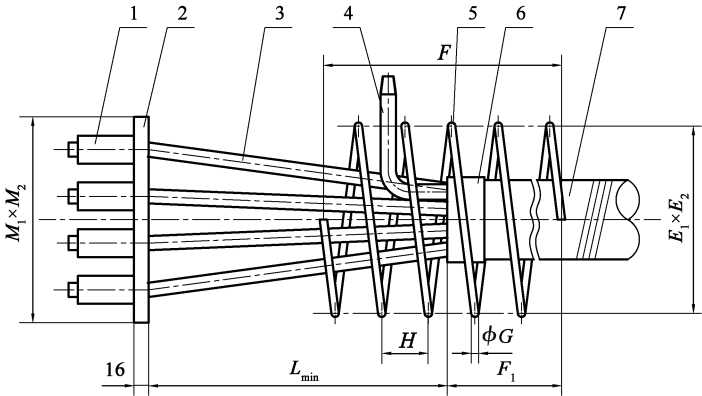
单位为毫米

型号(GQY)	$\square M$	N	$L_{\min}$	ϕE	F	F_1	ϕG	H
YMP15-1-1860	$\square 80$	14	—	$\phi 80$	120	—	$\phi 8$	30
YMP15-3-1860	$\square 120$	16	180	$\phi 120$	160	110	$\phi 10$	40
YMP15-4-1860	$\square 140$	16	240	$\phi 140$	200	110	$\phi 10$	50
YMP15-5-1860	$\square 155$	16	300	$\phi 150$	200	110	$\phi 10$	50
YMP15-6-1860	$\square 170$	16	380	$\phi 170$	200	120	$\phi 12$	50
YMP15-7-1860	$\square 185$	16	380	$\phi 170$	200	120	$\phi 12$	50
YMP15-8-1860	$\square 195$	16	440	$\phi 190$	200	120	$\phi 12$	50
YMP15-9-1860	$\square 210$	16	440	$\phi 200$	200	120	$\phi 12$	50
YMP15-10-1860	$\square 220$	16	500	$\phi 205$	240	135	$\phi 14$	60
YMP15-12-1860	$\square 240$	16	500	$\phi 230$	240	135	$\phi 14$	60
YMP15-15-1860	$\square 260$	16	560	$\phi 260$	300	135	$\phi 16$	60
YMP15-19-1860	$\square 300$	16	720	$\phi 280$	300	135	$\phi 16$	60
YMP15-22-1860	$\square 325$	16	900	$\phi 290$	300	135	$\phi 18$	60
YMP15-27-1860	$\square 350$	16	1000	$\phi 330$	350	135	$\phi 18$	70

A.6 扁锚固定端挤压式锚具

A.6.1 扁锚固定端挤压式锚具的结构形式及锚固体系示意图 A.5。

单位为毫米



- 标引序号说明：
- | | | |
|-----------|-------------------------|------------------------------|
| 1——挤压锚固件； | 7——扁形波纹管； | G ——螺旋筋的直径； |
| 2——垫板； | E_1 ——矩形螺旋筋中心一圈的长边长度； | H ——螺旋筋的螺距； |
| 3——钢绞线； | E_2 ——矩形螺旋筋中心一圈的短边长度； | $L_{\min}$ ——约束圈和垫板之间的钢绞线长度； |
| 4——排气管； | F ——螺旋筋的布置高度； | M_1 ——方形垫板的长度； |
| 5——螺旋筋； | F_1 ——约束圈以内螺旋筋的布置高度； | M_2 ——方形垫板的宽度。 |
| 6——约束圈； | | |

图 A.5 扁锚固定端挤压式锚具的结构形式及锚固体系示意

A.6.2 扁锚固定端挤压式锚具的最小尺寸见表 A.5。

表 A.5 扁锚固定端挤压式锚具的最小尺寸

单位为毫米

型号(GQY)	M_1	M_2	$L_{\min}$	E_1	E_2	F	F_1	ϕG	H
BMP15-2-1860	140	70	190	124	92	200	110	$\phi 8$	50
BMP15-3-1860	180	70	250	162	92	200	110	$\phi 8$	50
BMP15-4-1860	220	70	320	202	92	200	110	$\phi 8$	50
BMP15-5-1860	260	70	400	242	92	250	110	$\phi 8$	50

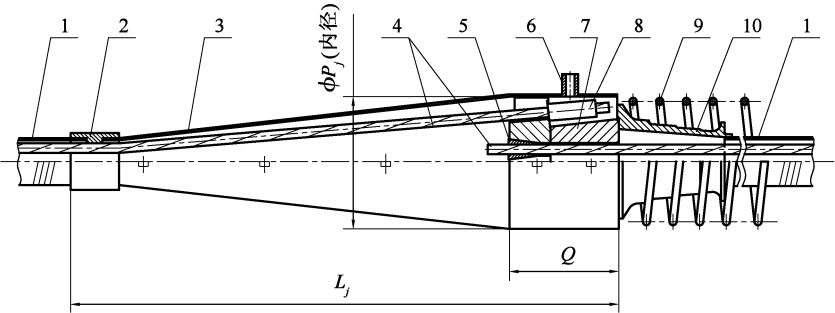
附录 B
(资料性)
连接器结构形式与规格

B.1 混凝土的强度等级

本附录中连接器适用的结构混凝土强度等级为 C40。

B.2 整体式连接器

B.2.1 整体式连接器的结构形式及连接体系示意图 B.1。



标引序号说明：

- 1——波纹管； 6——排气管； L_j ——整体式连接器的长度；
2——约束圈； 7——连接体； P_j ——罩壳的内径；
3——罩壳； 8——挤压锚固件； Q ——连接体的高度。
4——钢绞线； 9——螺旋筋；
5——夹片； 10——锚垫板；

图 B.1 整体式连接器的结构形式及连接体系示意

B.2.2 整体式连接器的尺寸见表 B.1, 锚垫板和螺旋筋的尺寸见 A.2.2。

表 B.1 整体式连接器的尺寸

单位为毫米

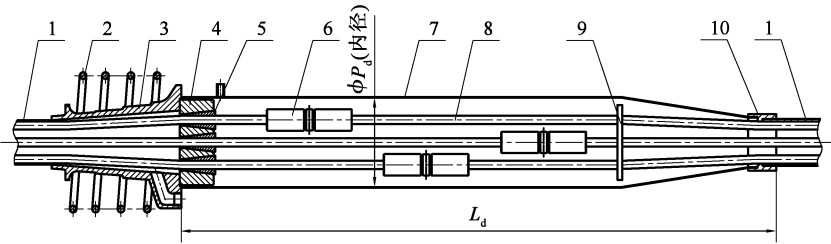
型号(GQY)	L_j	Q	ϕP_j
YJ15-3-1860	617	135	$\phi 152$
YJ15-4-1860	669	135	$\phi 164$
YJ15-5-1860	722	135	$\phi 176$
YJ15-6-1860	722	135	$\phi 190$
YJ15-7-1860	722	135	$\phi 190$
YJ15-8-1860	713	135	$\phi 198$
YJ15-9-1860	757	135	$\phi 208$
YJ15-10-1860	766	135	$\phi 220$
YJ15-12-1860	810	135	$\phi 230$
YJ15-14-1860	822	147	$\phi 240$

表 B.1 整体式连接器的尺寸（续）

型号(GQY)	L_j	Q	ϕP_j
YJ15-15-1860	877	150	$\phi 252$
YJ15-16-1860	926	155	$\phi 262$
YJ15-19-1860	955	157	$\phi 268$
YJ15-22-1860	1047	162	$\phi 288$
YJ15-27-1860	1096	167	$\phi 318$

B.3 单根组合式连接器

B.3.1 单根组合式连接器的结构形式及连接体系示意图 B.2。



- 标引序号说明：
- | | | | |
|---------|-----------|---------|----------------------|
| 1——波纹管； | 4——工作锚板； | 7——罩壳； | 10——约束圈； |
| 2——螺旋筋； | 5——夹片； | 8——钢绞线； | L_d ——单根组合式连接器的长度； |
| 3——锚垫板； | 6——单根连接件； | 9——分丝板； | P_d ——罩壳的内径。 |

图 B.2 单根组合式连接器的结构形式及连接体系示意

B.3.2 单根组合式连接器的尺寸见表 B.2, 锚垫板和螺旋筋的尺寸见 A.2.2。

表 B.2 单根组合式连接器的尺寸

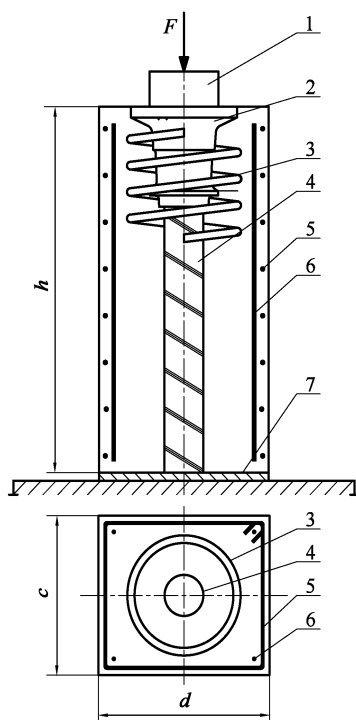
单位为毫米

型号(GQY)	ϕP_d	L_d
YJD15-3-1860	$\phi 99$	950
YJD15-4-1860	$\phi 110$	710
YJD15-5-1860	$\phi 121$	1 030
YJD15-6-1860	$\phi 134$	750
YJD15-7-1860	$\phi 134$	1 000
YJD15-8-1860	$\phi 144$	1 260
YJD15-9-1860	$\phi 154$	1 080
YJD15-12-1860	$\phi 174$	1 120
YJD15-15-1860	$\phi 194$	1 250
YJD15-19-1860	$\phi 214$	1 540
YJD15-27-1860	$\phi 253$	1 580

附 录 C
(规范性)
传力性能试验

C.1 试件设计

C.1.1 试件部分应包括混凝土、局部承压所配的螺旋筋、箍筋和纵向钢筋,见图 C.1。



标引序号说明:

- 1——锚板; 4——波纹管; 7——找平层; F ——试验荷载;
2——锚垫板; 5——附加表层箍筋; c ——混凝土构件的截面宽度; h ——混凝土构件的高度。
3——螺旋筋; 6——辅助纵向钢筋; d ——混凝土构件的截面长度;

图 C.1 传力性能试验试件

C.1.2 当设计对荷载传递试验有要求时,试件应为受轴向压力试验的混凝土棱柱体,并满足下列要求:

- a) c 和 d 对应于结构中规定的钢绞线束每个方向的最小轴中心距(其中 d 不小于 c), h 不小于 $2d$;
- b) 当 c 和 d 相差很大时, 在面积不变的条件下, d 可缩短为钢绞线束对应最小轴中心距 0.85 倍, c 可加长为钢绞线束对应最小轴中心距的 1.15 倍;
- c) 局部承压所配的螺旋筋应与规定的预应力体系和钢绞线相对应的局部承压筋具有相同的承载能力。

C.1.3 型式试验时,试件应为受轴向压力试验的混凝土方柱体,其截面尺寸 c 等于 d 。在1.1倍钢绞线束公称极限拉力作用下,试件净横截面承受的压应力见表C.1。

表 C.1 试件净截面承受的压应力

单位为兆帕

混凝土强度等级	C35	C40	C45	C50	C55	C60
取值	16.1	18.4	20.5	22.4	24.4	26.5
注:当边长小于300 mm时,表中数值乘以0.8。						

C.1.4 试件中,纵向钢筋的总截面积不大于试件总截面的0.3%;每立方米混凝土中,沿试件纵向均

匀的箍筋质量不大于 50 kg;箍筋的混凝土保护层厚度宜为 15 mm。

C.2 试件制作

试件混凝土的材料、配合比、密实度及其强度等级应与设计相同。试件浇筑 1d 后拆模板,然后养护至试验。测定抗压强度的圆柱或立方体试块应同时拆模、同条件养护。

C.3 试验方法

C.3.1 加载方式为压力机加载或千斤顶张拉加载,测力系统的不确定度不大于 1%。

C.3.2 试件安装时,确保试件底部与试验设备承载面接触良好,避免因接触不良、产生偏载而导致试件出现裂缝。

C.3.3 按 $0.2f_{\text{ptk}}$ 、 $0.4f_{\text{ptk}}$ 、 $0.6f_{\text{ptk}}$ 、 $0.8f_{\text{ptk}}$ (图 C.2) 分级加载,当达到 $0.8f_{\text{ptk}}$ 后,需进行至少 10 次的慢速循环加载,上限荷载为 $0.8F_{\text{ptk}}$,下限荷载为 $0.12F_{\text{ptk}}$,循环加载后,逐步增加荷载直至试件破坏。

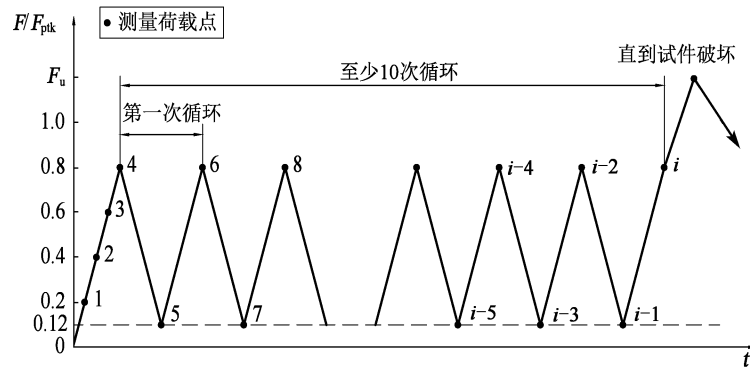


图 C.2 传力性能试验的过程

C.3.4 循环加载时,在每次循环的上限和下限荷载时进行测量,确定试件的应变和裂缝宽度是否达到稳定状态,达到稳定状态后停止循环加载。图 C.2 给出了加载和测量次序。

C.3.5 当裂缝宽度在荷载达到上限荷载时符合公式(C.1),则认定裂缝宽度已经稳定,见图 C.3。

$$w_i - w_{i-4} \leq \frac{1}{3}(w_{i-4} - w_0) \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

w_i ——第 i 次循环加载达到上限荷载时混凝土构件的裂缝宽度,单位为毫米(mm);

w_{i-4} ——第 $i-4$ 次循环加载达到上限荷载时混凝土构件的裂缝宽度,单位为毫米(mm);

w_0 ——初始加载达到上限荷载时混凝土构件的裂缝宽度,单位为毫米(mm);

i ——循环加载程序的循环次数, $i \geq 10$ 。

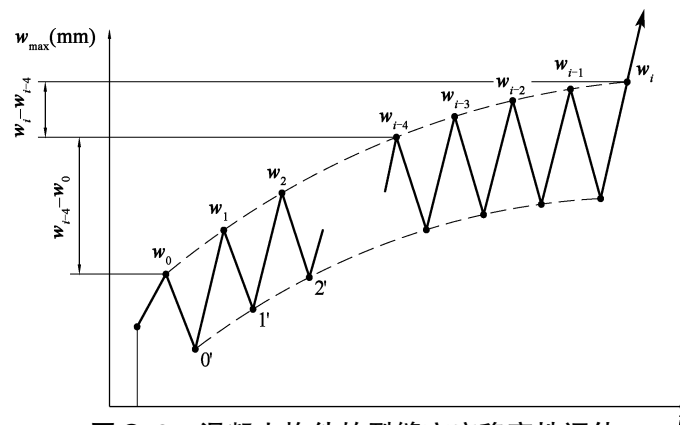


图 C.3 混凝土构件的裂缝宽度稳定性评估

C.3.6 当应变的增量在荷载达到上限荷载时符合公式(C.2),则认定纵向和横向应变已经稳定,见图C.4。

$$\varepsilon_i - \varepsilon_{i-4} \leq \frac{1}{3}(\varepsilon_{i-4} - \varepsilon_0) \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：
 ε_i ——第*i*次循环加载达到上限荷载时混凝土构件表面的纵向应变和横向应变,以千分数表示；
 ε_{i-4} ——第*i* - 4次循环加载达到上限荷载时混凝土构件表面的纵向应变和横向应变,以千分数表示；
 ε_0 ——初始加载达到上限荷载时混凝土构件表面的纵向应变和横向应变,以千分数表示。

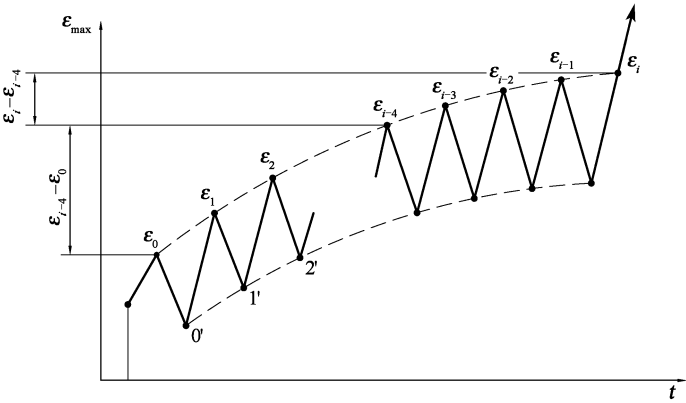


图 C.4 混凝土构件的应变稳定性评估

- C.3.7 试验时进行下列各项测量和观察,并记录结果：
- a) 各次循环加载时,对应上限和下限荷载,在最大劈裂应力影响区内试件表面纵向和横向应变；
 - b) 上述时刻试件表面的裂缝形式、宽度及扩展情况；
 - c) 用肉眼观察或测量与混凝土接触的锚具部件变形；
 - d) 破坏位置和形式；
 - e) 破坏荷载 F_u 。