

ICS 93.080
CCS P 66

0B62

甘 肃 省 地 方 标 准

DB62/T 4867—2023

公路桥梁预应力后张法施工技术规范

Technical specification for post-tensioning construction of highway bridges

2023-12-25 发布

2024-01-25 实施

甘肃省市场监督管理局 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 | 1 |
| 4 基本规定 | 2 |
| 5 材料与设备 | 2 |
| 5.1 一般规定 | 2 |
| 5.2 预应力筋 | 3 |
| 5.3 锚具、夹具和连接器 | 5 |
| 5.4 预应力管道 | 5 |
| 5.5 压浆材料 | 6 |
| 5.6 智能化设备 | 7 |
| 6 预应力系统安装 | 7 |
| 6.1 一般规定 | 7 |
| 6.2 管道安装 | 7 |
| 6.3 预应力筋安装 | 7 |
| 6.4 锚垫板预埋 | 8 |
| 6.5 管道试验 | 8 |
| 7 预应力张拉 | 8 |
| 7.1 一般规定 | 8 |
| 7.2 预应力张拉施工 | 9 |
| 8 孔道压浆 | 11 |
| 8.1 一般规定 | 11 |
| 8.2 压浆及封锚 | 11 |
| 9 质量检验 | 13 |
| 9.1 一般规定 | 13 |
| 9.2 锚下有效预应力检验和评价 | 13 |
| 9.3 孔道压浆密实度检验和评价 | 13 |
| 9.4 张拉后起拱度检查 | 14 |
| 10 安全环保措施 | 14 |
| 附录A(资料性) 整束穿束 | 15 |
| A.1 预应力筋制作 | 15 |
| A.2 锚具、夹具和连接器 | 15 |
| A.3 整束穿束 | 15 |
| A.4 整束穿束台车 | 17 |

| | |
|------------------------------|----|
| 附录B (资料性) 锚下有效预应力计算示例..... | 18 |
| B.1 锚口摩阻损失..... | 18 |
| B.2 内缩值..... | 18 |
| B.3 锚下有效预应力..... | 18 |
| B.4 锚下有效预应力计算方法..... | 18 |
| B.5 锚下有效预应力计算示例..... | 19 |
| B.6 锚下有效预应力工程案例..... | 21 |
| 附录C (资料性) 锚下有效预应力检验..... | 22 |
| C.1 适用范围..... | 22 |
| C.2 仪器设备..... | 22 |
| C.3 测试方法..... | 22 |
| C.4 质量评定..... | 22 |
| 附录D (资料性) 孔道压浆密实度检验..... | 24 |
| D.1 适用范围..... | 24 |
| D.2 仪器设备..... | 24 |
| D.3 检测方法选取..... | 24 |
| D.4 质量评定..... | 25 |
| 附录E (资料性) 预应力不合格处理及退索处理..... | 26 |
| E.1 不合格处理..... | 26 |
| E.2 退索处理..... | 26 |
| 参考文献..... | 27 |

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。

本文件由甘肃省交通运输厅提出并监督实施。

本文件由甘肃省交通运输标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：甘肃省交通建设质量安全造价中心、甘肃路桥建设集团有限公司、甘肃省交通科学研究院集团有限公司、兰州锐智金属材料有限公司、中交第二公路工程局有限公司。

本文件主要起草人：陈其有、姚等恒、骆文彦、徐东丰、杨小森、贺天宇、马欢欢、付海红、宋宝林、丁国权、吴德才、王月栋、李彦伟、薛广浩。

本文件由甘肃省交通建设质量安全造价中心负责解释。

公路桥梁预应力后张法施工技术规范

1 范围

本文件规定了公路桥梁后张法预应力施工的材料、机械、制作安装、张拉、孔道压浆及质量检验等相关技术要求。

本文件适用于公路后张法预应力混凝土桥梁新建、改建和加固工程中的体内预应力工程施工。

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 700 碳素结构钢
- GB/T 1226 一般压力表
- GB/T 3091 低压流体输送用焊接钢管
- GB/T 5223 预应力混凝土用钢丝
- GB/T 5223.3 预应力混凝土用钢棒
- GB/T 5224 预应力混凝土用钢绞线
- GB/T 20065 预应力混凝土用螺纹钢筋
- JG/T 225 预应力混凝土用金属波纹管
- JG/T 319 预应力用电动油泵
- JG/T 321 预应力用液压千斤顶
- JT/T 329 公路桥梁预应力钢绞线用锚具、夹具和连接器
- JT/T 529 预应力混凝土桥梁用塑料波纹管
- JT/T 861 桥梁成品预应力钢绞线束
- JT/T 946 公路工程预应力孔道压浆材料
- JTG 3362 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
- JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范
- JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准第一册土建工程
- DB62/T 4345 公路桥梁预应力施工检测技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

预应力筋 prestressing tendon

施加预应力的单根或成束的钢丝、钢绞线、高强度螺纹钢筋及钢棒的统称。

3.2

成品预应力钢绞线束 finished prestressing strand

将多根钢绞线在工厂平行理顺、梳编加工成型的钢束，穿束时用特制牵引器将成品预应力钢绞线束牵引至后张预应力混凝土结构塑料或金属波纹管孔道内。

3.3

锚具 ground tackle

在后张法结构或构件中，为保持预应力筋拉力并将其传递到混凝土中所用的永久性锚固装置。

3.4

夹具 grip

建立或保持预应力筋预应力的临时性锚固装置，也称为“工具锚”。

3.5

张拉控制应力 tension control stress

预应力钢筋在进行张拉时所控制达到的最大应力值。

3.6

预应力损失 prestress loss

由于预应力混凝土生产工艺和材料的固有特性等原因，预应力筋的应力值从张拉、锚固直到构件安装使用的整个过程中不断降低的应力值，称为预应力损失。

3.7

后张法 post tensioning

构件或块体制作时，在放置预应力筋的部位预先留有孔道，待混凝土达到规定强度后，孔道内穿入预应力筋，并用张拉机具夹持预应力筋将其张拉至规定的控制应力，然后借助锚具将预应力筋锚固在构件端部，最后进行孔道灌浆(亦有不灌浆者)的施工方法。

3.8

锚下有效预应力 effective prestress under anchor

预应力张拉锚固后，张拉控制应力扣除回缩损失、锚口损失、弹性回缩损失等力值后，施加在锚头上的预应力值。

4 基本规定

4.1 预应力施工质量应进行全程跟踪控制和首件工程检测验证，首件工程验证应包含锚下有效预应力、预应力管道密实度检测验收，且锚下有效预应力检测应采用单根检测技术，发现问题应及时调整施工工艺。

4.2 预应力施工质量应按下列规定进行控制：

- 预应力工程采用的主要材料、成品应按有关规定进行相应的质量检测、试验和进场验收工作；
- 预应力施工用的器具和设备进入现场使用前应按有关规定进行检定与校准；
- 预应力施工各工序应进行质量控制，每道工序完成后应进行检验，并形成记录，否则不应进行下道工序施工；
- 预应力施工过程中，施工单位应对锚下有效预应力、预应力管道密实度进行自检。

5 材料与设备

5.1 一般规定

5.1.1 预应力混凝土用钢丝应符合GB/T 5223的规定，钢绞线应符合GB/T 5224的规定，螺纹钢筋应

符合GB/T 20065的规定，成品预应力钢绞线束性能和质量应符合JT/T 861的规定，钢棒应符合GB/T 5223.3的规定，有涂层的预应力筋应符合相应的现行国家标准的规定，进口材料的性能和质量应符合合同规定标准的要求。

5.1.2 锚具、夹具和连接器应按设计规定采用，其性能和质量应符合JT/T 329的规定。

5.1.3 金属波纹管的性能和质量应符合JG/T225的规定；塑料波纹管的制作材料、性能和质量应符合JT/T 529的规定。

5.1.4 压浆料应从每个验收批产品中随机抽取样品进行进场检验，其匀质性和浆体性能应符合JT/T 946的规定。

5.1.5 预应力张拉和孔道压浆，应采用校验、标定合格的、并具有智能化监控的张拉系统和压浆系统。

5.1.6 预应力张拉时，应采取必要的安全防护措施，预防安全事故发生。

5.2 预应力筋

5.2.1 预应力筋进场时，应分批按合同要求对其质量证明书、包装、标志、规格、数量逐盘进行检查，并应符合相关规范规定和设计文件要求。

5.2.2 预应力筋进场后，应按照相关规范的要求进行检验，同时应满足表1、表2、表3和表4检验要求。

表1 预应力用钢丝检验项目、频次、取样数量与质量要求

| 序号 | 检验项目 | 取样数量 | 抽验项目频次 | 质量要求 |
|--------------------------------------|-----------|------|--------------------------|---------------|
| 1 | 外观 | 逐盘 | 每批≤60t同厂家、同规格、同品种、同批号钢绞线 | 符合GB/T 5223要求 |
| 2 | 尺寸 | | | |
| 3 | 消除应力钢丝伸直性 | 3根/批 | | |
| 4 | 重量偏差 | | | |
| 5 | 最大力 | | | |
| 6 | 0.2%屈服力 | | | |
| 7 | 最大力总伸长率 | 3根/批 | 每批≤60t同厂家、同规格、同品种、同批号钢绞线 | 符合GB/T 5223要求 |
| 8 | 断面收缩率 | | | |
| 9 | 反复弯曲 | | | |
| 10 | 弯曲 | | | |
| 11 | 扭转 | | | |
| 12 | 弹性模量 | | | |
| 注1:合同批为一个订货合同的总量。 | | | | |
| 注2:样品应分别从3盘上截取；如每批少于3盘，则应逐盘取样进行上述检验。 | | | | |

表2 钢绞线检验项目、频次、取样数量与质量要求

| 序号 | 检验项目 | 取样数量 | 抽验项目频次 | 质量要求 |
|--------------------------------------|---------|------------|--------------------------|---------------|
| 1 | 外观 | 逐盘 | 每批≤60t同厂家、同规格、同品种、同批号钢绞线 | 符合GB/T 5224要求 |
| 2 | 尺寸 | | | |
| 3 | 伸直性 | 3根/批 | | |
| 4 | 重量偏差 | | | |
| 5 | 最大力 | | | |
| 6 | 屈服力 | | | |
| 7 | 最大力总伸长率 | | | |
| 8 | 弹性模量 | | | |
| 9 | 应力松弛实验 | 不少于1根/每合同批 | | |
| 注1:合同批为一个订货合同的总量。 | | | | |
| 注2:样品应分别从3盘上截取;如每批少于3盘,则应逐盘取样进行上述检验。 | | | | |

表3 预应力用螺纹钢筋检验项目、频次、取样数量与质量要求

| 序号 | 检验项目 | 取样数量 | 抽验项目频次 | 质量要求 |
|---------------------------------|----------|------|---|----------------|
| 1 | 外观 | 逐根 | 每批≤60t,每增加40t增加一个拉伸试验,产品应为同厂家、同规格、同品种、同批号精轧螺纹钢筋 | 符合GB/T 20065要求 |
| 2 | 尺寸 | | | |
| 3 | 重量偏差 | 2根/批 | | |
| 4 | 屈服强度 | | | |
| 5 | 抗拉强度 | | | |
| 6 | 断后伸长率 | | | |
| 7 | 最大力下总伸长率 | | | |
| 注:表面质量检查时应检查螺纹钢筋的螺纹形状,不允许有螺纹错位。 | | | | |

表4 钢棒检验项目、频次、取样数量与质量要求

| 序号 | 检验项目 | 取样数量 | 抽验部位 | 质量要求 |
|----------------------------------|-----------|----------------|----------------|-----------------|
| 1 | 表面 | 逐盘 | 在每(任一)盘中任意一端截取 | 符合GB/T 5223.3要求 |
| 2 | 横截面积 | 1根/5盘 | | |
| 3 | 伸直性 | | | |
| 4 | 抗拉强度 | 1根/盘 | | |
| 5 | 规定非比例延伸强度 | 3根/批 | | |
| 6 | 最大力伸长率 | 3根/批 | | |
| 7 | 断后伸长率 | 1根/盘 | | |
| 8 | 弯曲性能 | 3根/批 | | |
| 9 | 应力松弛性能 | 不少于1根/每条生产线每个月 | | |
| 注1:当更换原料牌号,规格及不同厂家的原料时,均应做松弛试验。 | | | | |
| 注2:对于直条钢棒,以切断盘条的盘数为依据,并按盘状的取样规则。 | | | | |

5.2.3 预应力材料应保持清洁，在存放和运输时应避免产生机械损伤和腐蚀。进场后的存放时间不宜超过6个月，且宜存放在干燥、防潮、通风良好、无腐蚀气体和介质的仓库内；在室外存放时，不应直接堆放于地面，应支垫并遮盖，防止雨露和各种腐蚀性介质对其产生不利影响。

5.3 锚具、夹具和连接器

5.3.1 锚具应有清晰的、永久性的生产厂家标识和批号。

5.3.2 进场核对和检验应按照JT/T 329规定进行，检验项目要求见表5。

表5 锚具、夹具、连接器检验项目、频次、取样数量与质量要求

| 序号 | 检验项目 | 取样数量 | 检验频次 | 质量要求 |
|----|------------------|--------------|----------------------------------|-------------------|
| 1 | 外观 | 10%，不少于10套/批 | 每批≤1000套，同类产品、同类原料、同种工艺一次投料生产的数量 | 符合JT/T 329要求 |
| 2 | 硬度 | 5%，不少于5套/批 | | |
| 3 | 静载锚固性能试验 | 6套/批 | | |
| 4 | 二次张拉锚具、锚杯、支承连接强度 | 3套/批 | | 螺纹连接破坏强度≥1.5倍工作荷载 |

5.3.3 锚具、夹具和连接器表面不应有裂纹、污染、锈蚀等缺陷，锚垫板和螺旋筋表面不应有影响与混凝土粘接性能的油漆和油脂。

5.3.4 锚垫板外观检查应无气孔、夹渣、白口、疏松以及未焊透等缺陷。

5.3.5 应使用限位尺寸与钢绞线实测直径、夹片厚度、锚具孔径相匹配的限位板，限位板和工具锚应采用与工作锚同一生产厂家的配套产品，限位板槽深应满足锚固回缩量小于6mm的要求。

5.3.6 预应力筋锚具、夹具和连接器同时应满足以下要求：

——预应力筋内缩及锚具变形量平均值不应大于5mm；

——摩阻损失均值不应大于6%；

——张拉锚固工艺应达到以下要求：

- 具有分级张拉或因张拉设备倒换行程需要时的临时锚固；
- 经过多次张拉锚固后，预应力筋内各根预应力钢材受力仍是均匀的；
- 在张拉发生故障时，预应力筋具有全部放松的措施；
- 单根垫板连体式锚具，预应力筋应能在锥形夹片孔中自由对中和不顶压锚固。

5.3.7 锚具应按设计要求使用。对孔道压浆的锚具或其附件上应设置压浆孔或排气孔，压浆孔应有足够的截面面积，以保证浆液的畅通。

5.3.8 夹具应具有良好的自锚性能、松锚性能和重复使用性能。需敲击才能松开的夹具，应保证其其对预应力筋的锚固没有影响，且对操作人员的安全不造成危险。

5.3.9 锚具、夹具和连接器在存放、搬运及使用期间均应妥善防护，避免锈蚀、沾污、遭受机械损伤、混淆和散失，临时性的防护措施不应影响其安装和永久性防腐的实施。

5.3.10 锚下螺旋钢筋的材料性能不应低于HPB 钢的要求，宜与锚具配套使用并符合GB/T 700的有关规定。

5.4 预应力管道

5.4.1 后张法预应力成孔的管材可采用金属波纹管和塑料波纹管及钢管，金属波纹管性能和质量应符合JG/T 225的相关规定；塑料波纹管性能和质量应符合JT/T 529的相关规定；钢管性能和质量应符合GB/T 3091的相关规定。

5.4.2 刚性管道应为壁厚不小于2mm的平滑钢管，且应具有光滑的内壁并可被弯曲成适当的形状而

不出现卷曲或被压扁；半刚性管道应是波纹状的金属管或高密度聚乙烯塑料管，且金属波纹管宜采用镀锌钢带制作，壁厚不宜小于0.3mm。

5.4.3 预应力管进场时，除按出厂合格证和质量保证书核对其类别、型号、规格、数量和逐根进行外观质量检查外，还应委托有相应资质的公路工程试验检测机构按表6和表7进行检验。

表6 金属波纹管检验项目、频次、取样数量与质量要求

| 序号 | 检验项目 | 取样数量 | 检验频次 | 质量要求 |
|----|---------------|----------|--------------------------|--------------|
| 1 | 外观 | 3根1.3m/批 | 每批≤50000m, 同厂家、同批次的金属波纹管 | 符合JG/T 225要求 |
| 2 | 尺寸 | | | |
| 3 | 集中荷载作用下的刚度 | 3根1.3m/批 | | |
| 4 | 均布荷载作用下的刚度 | | | |
| 5 | 集中荷载作用下的抗渗漏性能 | | | |
| 6 | 弯曲后的抗渗漏性能 | | | |

表7 塑料波纹管检验项目、频次、取样数量与质量要求

| 序号 | 检验项目 | 取样数量 | 检验频次 | 质量要求 |
|----|--------|----------|--------------------------------------|--------------|
| 1 | 外观 | 5根1.1m/批 | 每批≤10000m, 同厂家、同配方、同工艺、同设备连续产生的塑料波纹管 | 符合JT/T 529要求 |
| 2 | 尺寸 | | | |
| 3 | 环刚度 | | | |
| 4 | 抗冲击性 | | | |
| 5 | 柔韧性 | | | |
| 6 | 局部横向荷载 | | | |
| 7 | 纵向荷载 | 5根1.1m/批 | 每批≤10000m, 同厂家、同配方、同工艺、同设备连续产生的塑料波纹管 | 符合JT/T 529要求 |
| 8 | 拉伸性能 | | | |
| 9 | 拉拔力 | | | |
| 10 | 密封性 | | | |

5.4.4 金属波纹管应清洁、内外表面应无锈蚀、油污、附着物、孔洞和不规则的褶皱，咬口无开裂、脱扣。塑料波纹管表面应光洁，外表和内壁不应有破裂、气孔、裂口、硬块及影响使用的划伤。

5.4.5 波纹管接头应等同波纹管质量，波纹管、接头管应进行渗水试验确认接头工艺水平。

5.5 压浆材料

5.5.1 预应力孔道压浆材料应采用专用压浆料，其性能应符合JTG/T 3650的规定。

5.5.2 预应力孔道压浆材料进场检验以200t为一个验收批，不足200t的按照一个验收批计。

5.5.3 压浆材料配制的浆液性能，应进行水胶比、凝结时间、流动度、自由泌水率、压力泌水率、钢丝间泌水率、充盈度、自由膨胀率、限制膨胀率、抗压强度、抗折强度试验。

5.5.4 压浆料包装应完好无损，应存放于仓库，仓库的环境条件应符合产品说明书的要求。存放时间不宜超过3个月(从生产日期起算)，超过3个月的应重新检验合格后方可使用。

5.5.5 水宜采用符合国家卫生标准的清洁饮用水，不应含有对预应力筋或水泥有害的成分，每升水中不应含有350mg以上的氯化物离子或任何一种其他有机物。

5.5.6 移动混凝土构件时浆液的抗压强度应符合设计要求，设计无要求时，其抗压强度不应小于设计

强度的90%。

5.6 智能化设备

5.6.1 智能化张拉系统应包括张拉设备、数据管理系统和自动记录系统等。张拉设备应包括千斤顶、油泵、压力表等设备，千斤顶应符合JG/T321 的相关规定，油泵应符合JG/T 319的相关规定，压力表应符合GB/T 1226的相关规定。

5.6.2 智能化压浆系统应包括压浆设备、数据管理系统、自动计量系统和自动记录系统等。压浆机宜采用螺旋式可连续作业的压浆泵；压浆泵与预应力孔道压浆口之间的压浆管管道应采用硬管，管道之间应采用定型金属连接件连接。

5.6.3 预应力张拉压浆过程宜采用智能化监控系统，智能化监控系统应包括网络体系设备、软件系统和视频监控系统。

5.6.4 智能化设备应按时进行校验、标定，进场后应进行进场验收。

6 预应力系统安装

6.1 一般规定

6.1.1 下料或编束后的预应力筋、预应力管不应在地面上拖拉。

6.1.2 预应力筋、预应力管道的安装应符合JTG F80/1的要求。

6.2 管道安装

6.2.1 预应力波纹管安装时应去掉端头毛刺、卷边和折角；预应力波纹管在梁端伸出混凝土表面不应小于波纹管直径的2倍，负弯矩区管道不应随意折断；施工时应采取措施避免管壁受损。

6.2.2 金属波纹管的接长采用大一级的同型波纹管作为接头管，接头管两端采用密封胶带或塑料热缩管封装，避免混凝土浇筑时水泥浆渗入管内造成管道堵塞。塑料波纹管连接应采用专用焊机进行热熔焊接或采用具有密封性能的塑料结构连接器连接。接头管长度为被连接管内径的5倍~7倍，且不应小于300mm。

6.2.3 波纹管安装时应考虑张拉后反拱度的影响，各控制点高程均应随相应位置的预设拱度同时起拱，做到精确定位。

6.2.4 浇筑混凝土前宜在波纹管内预穿芯棒，芯棒直径宜小于管道直径1cm，浇筑混凝土时和初凝前反复抽拉芯棒，待混凝土初凝后方可拔出。

6.3 预应力筋安装

6.3.1 预应力筋由多根钢丝或钢绞线组成且当采取整束穿入孔道内时应预先编束，编束时应将钢丝或钢绞线逐根理顺，防止缠绕，并应每隔1m~1.5m捆绑一次，使其绑扎牢固、顺直。

6.3.2 对安装完毕未立即张拉的预应力筋其外露端应采用防护套封闭，防止锈蚀。

6.3.3 梁体养生过程应封堵孔道管口，防止养生水进入。预应力筋穿束前使用高压风枪吹干孔道。

6.3.4 跨径小于或等于45m的预制梁及其它钢束长度较短、根数较少、重量较轻的预应力钢束可采用短束梳编穿束工艺或穿束机工艺，跨径大于45m的预应力筋采用特制牵引器长束梳编穿束工艺，整束穿入工艺参照附录A。

6.3.5 现浇连续段负弯矩预应力可先穿束再浇筑混凝土。在混凝土浇筑前穿束时应将管道上非设计要求的孔、开口或损坏之处进行修复，并应检查预应力筋是否能在孔道内自由滑动。混凝土浇筑前，应对管道的密闭性及定位情况进行检查。

6.3.6 对于分节段施工的连续梁桥、刚构桥，宜采用梳束板梳束，梳束板上各孔的大小应略大于钢绞线直径。

6.3.7 连续梁桥、刚构桥等竖向预应力筋的上端切面不应高于混凝土的顶面，下端应位于箱梁底板的钢筋内。

6.3.8 采用精轧螺纹钢或钢棒的竖向预应力端模宜采用一体式钢模板，立模时应注意孔道中心线与端面的垂直度，锚垫板安装偏角不应超过 2° ，以保证螺母、端模、锚垫板之间完全紧密接触。并采取有效措施封堵端模、锚垫板、螺母、螺杆接缝，防止水泥浆及杂物进入孔道。安装完成后应采用专门的检查器进行检查，保证螺母与锚垫板完全紧密接触。

6.4 锚垫板预埋

6.4.1 设置端部钢筋网和预埋锚垫板位置应准确，应与端模板紧密结合，不应平移或转动，保证锚固面角度符合设计要求。

6.4.2 墩顶负弯矩预应力扁锚锚垫板和扁形波纹管预埋位置应准确。

6.5 管道试验

6.5.1 预制梁生产前和生产期间，每个梁场应对不同类型的孔道进行至少2个孔道的摩阻测试和锚圈口摩阻测试；梁板数量超过500片时，每500片梁板应进行一次孔道和锚圈口摩阻测试；连续梁桥、连续刚构桥的每座桥梁孔道和锚圈口摩阻测试不宜少于2次，每次不宜少于5孔。对长度大于60m的孔道宜适当增加摩阻测试的数量。

6.5.2 扁锚的锚圈口摩阻测试应根据扁锚的类型和孔位的布置对每个孔位的锚圈口摩阻均应进行测试。

6.5.3 在首件工程中，应对孔道进行摩阻试验，测试局部偏差影响系数、管道摩擦系数及锚圈口摩阻损失，作为张拉控制应力和伸长量计算的依据，并向设计方反馈确认。

7 预应力张拉

7.1 一般规定

7.1.1 预应力筋的张拉宜采用穿心式双作用千斤顶，整体张拉或放张宜采用具有自锚功能的千斤顶。张拉机具设备应与锚具产品配套使用，并应在使用前进行校验、标定。

7.1.2 预应力张拉应采用智能控制设备进行，所采用的智能控制设备应能控制有效预应力大小和同断面不均匀度满足设计要求，实现张拉智能控制同步。

7.1.3 智能张拉设备性能要求应符合以下要求：

- 张拉千斤顶的额定张拉力宜为所需张拉力的1.5倍，且不应小于1.2倍；与千斤顶配套使用的压力表应选用防振型产品，其最大读数应为张拉力的1.5倍~2.0倍，标定精度不应低于1.0级；
- 位移传感器的行程应大于活塞杆的行程，且不应小于单次张拉最大伸长量的1.2倍，测量误差应控制在 $\pm 1\%$ 以内，示值精度不应大于0.5%；
- 张拉力的控制精度不宜超出 $\pm 1.5\%$ ；
- 采用两台机及以上千斤顶进行对称和两端张拉时，任意两台千斤顶张拉力同步控制误差不应超过 $\pm 2\%$ ；
- 设备应具有良好的稳定性能，持荷时间内力值波动误差应控制在 $\pm 1\%$ 以内。

7.1.4 先简支后连续的T梁、箱梁等现浇连续段负弯矩预应力筋因其长度较短，管道平顺摩阻不大，两端张拉时钢绞线回缩及锚具压缩导致的预应力损失较大，应对其预应力施工加强控制，确保有效预应

力的建立。

7.1.5 当气温低于-15℃时，不应进行张拉作业，以免因低温而使预应力束发生脆断。

7.1.6 施加预应力及锚固应符合JTG/T3650 的相关规定。

7.2 预应力张拉施工

7.2.1 张拉前混凝土几何尺寸、龄期和强度、弹性模量应符合设计要求，设计无要求时强度和弹性模量不应低于设计值的80%，龄期不应少于5d。锚垫板下及周边混凝土应密实，若有蜂窝及其它缺陷，应在拆模后立即进行处理，待处理完毕后方可张拉。

7.2.2 钢绞线预应力筋在张拉前应进行初张拉，初应力宜采用锚外张拉控制应力 σ_{con_u} 的10%~25%，锚外张拉控制应力 σ_{con_u} 应考虑一定程度的超张拉，按公式(1)计算：

$$\sigma_{con_u} = \sigma_{con} + 17 \dots \dots \dots (1)$$

式中：

σ_{con_u} ——施工时锚外张拉控制应力 (MPa)；

σ_{cm} ——设计文件中给出的张拉控制应力 (MPa)；

σ_{17} ——锚圈扣预应力损失 (MPa)。

7.2.3 预应力筋的张拉程序应符合设计要求，设计无要求时应按表8执行。

表8 预应力筋张拉程序

| 锚具和预应力筋类别 | | 张拉程序 |
|---------------|----------|---|
| 夹片式等具有自锚性能的锚具 | 钢绞线束、钢丝束 | 低松弛力筋：0→初应力→ σ_{con} （持荷5min锚固） |
| 其它锚具 | 钢绞线束 | 0→初应力→1.05 σ_{con} （持荷5min）→ σ_c （锚固） |
| | 钢丝束 | 0→初应力→1.05 σ_{cm} （持荷5min）→0→ σ_{con_u} （锚固） |
| 螺母锚固锚具 | 螺纹钢筋 | 0→初应力→0.9 σ_{con} （持荷5min）→0→ σ_{con} （锚固） |

注：夹片式等具有自锚性能的锚具张拉力筋时，当起拱度达不到设计要求时建议提高张拉控制应力至1.03 σ_{cm} 和增加持荷时间，并应与设计单位商量确定。

7.2.4 对长度较小的竖向预应力钢束，可采用低回缩锚具。悬臂浇筑预应力结构竖向预应力筋应分两阶段张拉。第一阶段张拉竖向预应力筋应在混凝土强度达到设计强度80%，龄期达到5天以上，每个梁段先张拉竖向筋预应力至50%张拉控制应力。第二阶段张拉竖向预应力筋在悬臂浇筑施工两个梁段后，再张拉竖向筋至100%张拉控制应力。

7.2.5 预应力张拉施工控制应满足以下要求：

——张拉速率应控制在张拉控制力的10%/min~15%/min。对于长度大于50m的弯束或长束，张拉速率应降低，宜取张拉控制力的10%/min，并应匀速加压，增加停顿点。

——钢绞线实际伸长值与理论伸长值的相对偏差应符合设计的要求，设计无规定时，实际伸长值与理论伸长值的相对偏差应控制在±6%以内，否则应暂停张拉，待查明原因并采取措施予以调整后，方可继续张拉。实际伸长值与理论伸长值的相对偏差按照公式(2)计算：

$$\Delta L = \dots \dots \dots (2)$$

式中：

- 对于应力值符合设计要求，实际伸长值小于理论值的，应核实摩阻力是否准确；对于应力值符合设计要求，实际伸长值大于理论值的，需核实同束不均匀度是否符合要求。
- 持荷时间为油泵开启、油压表读数稳定后的稳压时间，最短不应少于5min。两端张拉50m（不含）以上的预应力筋宜取8min。
- 预应力筋张拉同步性控制包括单束钢绞线两端张拉同步性、多束钢绞线对称张拉同步性、张拉过程同步性、张拉停顿点同步性。

7.2.6 预应力筋的锚固，应在张拉控制应力处于稳定状态下进行。锚固阶段张拉端锚具变形、预应力筋的回缩量 and 接缝压缩值，不应大于设计规定值，设计无规定时，不应大于表9所列容许值。

表9 锚具变形、预应力筋回缩和接缝压缩容许值

| 锚具、接缝类型 | | 变形形式 | 容许值 ΔL (mm) |
|------------|------|-------------|---------------------|
| 钢制锥形锚具 | | 预应力筋回缩、锚具变形 | 6 |
| 夹片式锚具 | 有顶压时 | 预应力筋回缩、锚具变形 | 4 |
| | 无顶压时 | | 6 |
| 镦头锚具 | | 缝隙压密 | 1 |
| 带螺帽锚具的螺帽缝隙 | | 缝隙压密 | 1~3 |
| 每块后加垫板的缝隙 | | 缝隙压密 | 2 |
| 水泥砂浆缝隙 | | 缝隙压密 | 1 |
| 环氧树脂砂浆缝隙 | | 缝隙压密 | 1 |

7.2.7 钢绞线张拉完毕，经检验确认后合格后可切割端头多余的预应力筋，切割时应采用砂轮切割，切割时应保证锚具不受切割热影响，不应采用电弧进行切割，切割后预应力筋的外露长度不应小于30mm，且不应小于1.5倍预应力筋直径。

7.2.8 超长预应力束(100m以上)张拉应制定特殊施工方案，明确过程控制细则。应选择具有代表性的超长束进行摩阻试验，通过试验确定初始张拉力。张拉过程中，应确保分级张拉持荷时间，并补足每级张拉力，张拉至设计控制张拉力时，应保持持荷时间不少于15min，以补足张拉力。

8 孔道压浆

8.1 一般规定

8.1.1 压浆的准备工作和压浆应符合JTG/T 3650的相关规定。

8.1.2 浆液的配合比应按照试验室试配、配合比验证、工艺验证三个阶段进行设计。

8.1.3 浆体强度应符合设计规定，设计无具体规定时，不应低于结构主体强度。

8.2 压浆及封锚

8.2.1 预应力筋张拉锚固后，孔道应在48h内完成压浆，否则应采取避免预应力筋锈蚀的措施。

8.2.2 压浆可采用真空辅助压浆工艺、智能大循环压浆工艺。

8.2.3 压浆机性能要求应满足以下要求：

- 压浆机应采用活塞式可连续作业功能的压浆泵，不应采用风压式压浆泵进行孔道压浆；
- 压力测量装置的精确度不应低于0.5%，量程最高不超过额定压力的2倍，且不低于额定压力的1.2倍；

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/146020103153010214>