

公路桥梁锚下有效预应力检测技术规范

Technical specification of effective prestress under anchorage detection
for highway bridge

地方标准信息服务平台

2023 - 04 - 20 发布

2023 - 06 - 20 实施

目 次

| | |
|----------------------------------|----|
| 前言 | II |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 符号 | 2 |
| 5 基本规定 | 2 |
| 5.1 一般规定 | 2 |
| 5.2 检测工作程序 | 2 |
| 6 反拉法检测 | 4 |
| 6.1 一般规定 | 4 |
| 6.2 检测设备 | 4 |
| 6.3 检测方法与步骤 | 4 |
| 7 质量评定 | 5 |
| 7.1 一般规定 | 5 |
| 7.2 锚下有效预应力标准值 | 5 |
| 7.3 锚下有效预应力质量评定 | 6 |
| 8 检测报告 | 7 |
| 9 安全管理 | 8 |
| 附录 A (资料性) 检测记录表 | 9 |
| 附录 B (规范性) 基于“位移-力”曲线的检测方法 | 10 |
| 附录 C (规范性) 基于夹片位移控制的检测原理 | 11 |
| 附录 D (规范性) 不合格处置措施 | 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。

本文件由新疆维吾尔自治区交通运输综合行政执法局提出。

本文件由新疆维吾尔自治区交通运输厅归口并组织实施。

本文件主要起草单位：新疆维吾尔自治区交通运输综合行政执法局、新疆维吾尔自治区标准化研究院、苏交科集团检测认证有限公司、新疆路桥建设集团有限公司、中国交通建设股份有限公司。

本文件主要起草人：望远福、范杰林、李明、张亚明、孙宪魁、张毅、程玉林、韩启星、李道红、王贺起、吴兴旺、杨志刚、郑建和、张晖、叶志国、洪亮、赵喜忠、黄国勇、赵顺吾、毛锦波、马晓忠、侯圆、查斌、冯玉堂、李雪莹、杨帆、路璐、阿卜力提普·阿卜杜拉、陈久灿、关丽娜。

本文件实施应用中的疑问，请咨询新疆维吾尔自治区交通运输综合行政执法局。

对本文件的修改意见，请反馈至新疆维吾尔自治区交通运输厅（乌鲁木齐市沙依巴克区黄河路301号）、新疆维吾尔自治区交通运输综合行政执法局（乌鲁木齐市沙依巴克区扬子江路224号）、新疆维吾尔自治区标准化研究院（乌鲁木齐市河北东路188号）、新疆维吾尔自治区市场监督管理局（乌鲁木齐市新华南路167号）。

新疆维吾尔自治区交通运输厅 联系电话：0991-5280917；传真：0991-5852000；邮编：830000

新疆维吾尔自治区交通运输综合行政执法局 联系电话：0991-5281580；传真：0991-5281717；邮编：830002

新疆维吾尔自治区标准化研究院 联系电话：0991-2817441；传真：0991-2817472；邮编：830011

新疆维吾尔自治区市场监督管理局 联系电话：0991-2818750；传真：0991-2311250；邮编：830004

地方标准信息服务平台

公路桥梁锚下有效预应力检测技术规范

1 范围

本文件规定了公路桥梁锚下有效预应力检测技术的术语和定义、符号、基本规定、反拉法检测、质量评定、检测报告及安全管理等技术要求。

本文件适用于在建公路桥梁后张法施工的锚下有效预应力检测及质量评定,其他工程预应力张拉检测可参考执行。

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。

JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程(附条文说明)

JTG 3362—2018 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范(附条文说明)

JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

反拉法 pull-out testing method

预应力钢绞线张拉施工后,在梁体外对已张拉的预应力钢绞线再次施加荷载,测量反拉力值和位移值,通过反拉力与位移关系计算锚下有效预应力值的方法。

3.2

锚下设计张拉控制应力 designed tensioning control prestress under anchorage

预应力钢绞线张拉时锚下控制应力,未扣除钢绞线回缩、孔道摩阻和混凝土弹性压缩等引起的损失,由设计文件提供。

3.3

施工张拉控制力 construction tension control force

现场预应力钢绞线张拉施工时,千斤顶实际施加的张拉力。

3.4

锚下有效预应力 effective prestress under anchorage

预应力钢绞线张拉锚固后,实际张拉控制应力扣除各项预应力损失后,锚下留存的控制应力。

3.5

锚下有效预应力测试值 test value of effective prestress under anchorage

预应力钢绞线张拉锚固后,锚下实际留存的预应力,该值通过反拉法现场测试获得。

3.6

锚下有效预应力标准值 standard value of effective prestress under anchorage

预应力钢绞线张拉锚固后,锚下理论留存的预应力,该值可通过标准试验或理论计算等方式获得。

3.7

锚下有效预应力检测 **effective prestress test under anchorage**

预应力钢绞线张拉锚固后，对锚下有效预应力采用反拉法进行的检测。

3.8

有效预应力同断面不均匀度 **unevenness of effective prestress on a cross section**

同一断面上对称位置的预应力束中各钢绞线平均锚下有效预应力最大值与最小值的偏差程度。

4 符号

下列符号适用于本文件。

F_s ：单根预应力钢绞线锚下有效预应力标准值。

σ_{con} ：锚下设计张拉控制应力。

σ_p ：反拉终止应力。

5 基本规定

5.1 一般规定

5.1.1 公路桥梁预应力施工应进行锚下有效预应力检测，施工单位应按本文件要求进行自检，其他各参建单位、行业主管部门应按相应要求或根据实际需求进行抽检。

5.1.2 后张法预应力混凝土构件的锚下有效预应力检测应采用单根反拉法。

5.1.3 施工单位的张拉施工应符合 JTG/T 3650 的规定，并按 JTG F80/1 自检合格后，方可实施锚下有效预应力检测。

5.1.4 检测设备应符合下列规定：

- a) 配套齐全、功能完整，主要技术参数应符合本文件要求；
- b) 反拉千斤顶与压力表应配套标定、配套使用，标定应在经国家授权的法定计量技术机构定期进行，标定时千斤顶活塞的运行方向应与实际张拉工作状态一致。当处于下列情况之一时，应重新进行标定：
 - 使用时间超过6个月；
 - 使用过程中千斤顶或压力表出现异常情况；
 - 反拉加载装置检修或更换配件后；
 - 位移传感器应每年送检一次。

5.1.5 测试过程中应记录测试构件编号、钢束和锚头编号等能说明测试对象准确位置的信息，检测数据宜按附录 A 进行记录。

5.2 检测工作程序

5.2.1 锚下有效预应力检测工作流程见图 1。

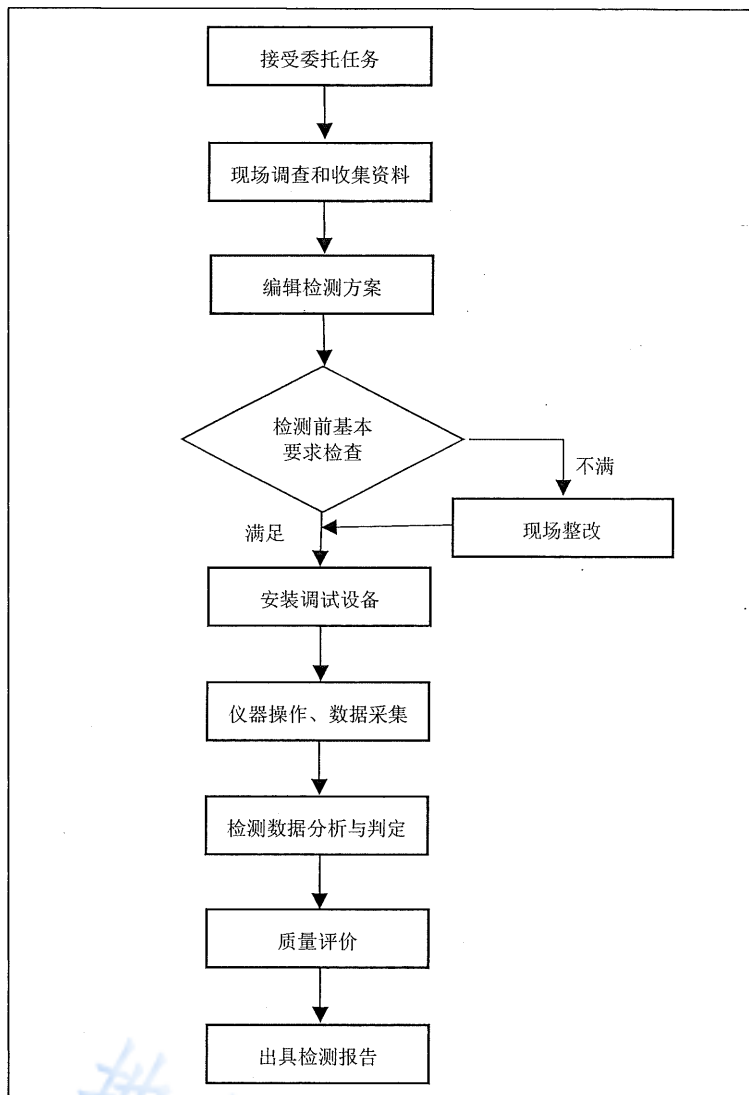


图 1 检测工作流程

5.2.2 资料收集宜包括以下内容：

- a) 工程名称及建设、设计、施工、监理和委托单位名称等；
- b) 被检测结构构件的名称、设计图纸、设计变更、施工资料等；
- c) 委托方检测目的和具体要求；
- d) 结构构件外观质量及存在的问题。

5.2.3 检测方案应依据检测任务和相关资料进行编制，包括下列内容：

- a) 工程概况、结构构件设计及施工情况；
- b) 检测目的及委托方的检测要求，包括检测范围、抽检方式、检测方法、检测频率等；
- c) 检测依据，包括检测标准、相关技术文件、设计参数等；
- d) 检测内容，包括检测步骤、数量及位置等；
- e) 检测人员和仪器设备情况；
- f) 检测工作进度计划；
- g) 检测中的安全与环保措施；
- h) 其它需配合事项。

6 反拉法检测

6.1 一般规定

6.1.1 反拉法检测应具备下列条件：

- a) 预应力钢绞线张拉后孔道未进行压浆；
- b) 预应力钢绞线外露长度不宜小于 60 cm。

6.1.2 检测过程不对原有预应力锚固体体系产生破坏，影响预应力锚固质量。

6.2 检测设备

6.2.1 检测设备应包含反拉加载设备和测量设备(含测力装置与位移测量装置)。

6.2.2 反拉加载设备应符合下列规定：

- a) 反拉加载设备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；
- b) 反拉加载设备应具备均匀加卸载与稳压补偿能力等性能。

6.2.3 测量设备应满足下列精度要求：

- a) 示值误差： $\pm 1.0\%$ FS；
- b) 单根重复测量偏差不大于 1.0 %FS；
- c) 位移测量分度值应不低于 0.01 mm。

6.2.4 油泵流量不宜大于 0.25 L/min。

6.2.5 检测设备适用温度范围宜为 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

6.2.6 反拉加载设备和测量设备宜采用一体化智能检测设备，自动记录和保存测力值、位移量等检测数据。

6.3 检测方法与步骤

6.3.1 现场检测前，应清理干净待测预应力钢绞线、工具锚、夹片和限位板等部件。

6.3.2 检测设备安装应符合下列规定：

- a) 安装反拉加载设备应使反拉力作用线与预应力钢绞线的轴线重合；
- b) 检测设备安装完成后应进行检查和调试，确认正常后应立即开展检测工作。

6.3.3 加卸载及数据采集应符合下列规定：

- a) 加卸载过程宜为： $0\rightarrow$ 初应力 \rightarrow 反拉终止应力 $\sigma_p\rightarrow 0$ ，初应力宜为 $0.1\sigma_{con}\sim 0.2\sigma_{con}$ ，反拉终止应力宜为 σ_{con} ，且应不大于 $1.08\sigma_{con}$ ，加载速率不宜大于 $0.2\sigma_{con}/\text{min}$ ，卸载速率不宜大于 $0.5\sigma_{con}/\text{min}$ ；
- b) 初应力稳定时间不少于 1 min，当位移量稳定后，测量并记录初始应力值及初始位移量；否则应停止加载，找出原因并重新试验；
- c) 反拉过程应匀速稳定加载至反拉终止应力 σ_{con} ，测量并记录反拉终止应力及位移量；
- d) 当反拉终止应力为 σ_{con} 时，宜稳压不少于 3 min，当预应力钢绞线位移量小于 0.1 mm/min 时，测量并记录反拉应力及位移量，否则继续稳压至位移变化量小于 0.1 mm/min；
- e) 采用附录 B 基于“位移-力”曲线的检测方法时，应建立伸长量-张拉力曲线，分析曲线斜率变化过程，以曲线上拐点对应的拉力数值作为锚下有效预应力数值，若没有明显拐点，应以曲线上斜率突变点对应的拉力数值作为锚下有效预应力数值；
- f) 采用附录 C 基于夹片位移控制的检测方法时，应以张拉力和位移时成曲线的交点对应的拉力数值作为锚下有效预应力数值。

6.3.4 当检测过程发生下列情况时，应停止加载，查清原因，采取措施后再确定是否继续：

- a) 预应力钢绞线伸长量大于理论最大伸长量；
- b) 出现夹片破裂；
- c) 锚具凹陷；
- d) 预应力钢绞线断丝或滑移；
- e) 混凝土开裂、异常响声等。

6.3.5 检测设备拆卸应符合下列规定：

- a) 应先观察锚头有无异常情况，是否能进行千斤顶卸载操作，确保安全后方可实施；
- b) 启动卸载程序，开始自动卸载；
- c) 自动卸载完成后，再手动卸载，以确保完全卸载；
- d) 卸载完成后应检查预应力钢绞线有无滑丝断丝、夹片破裂、锚夹具变形等现象，确认符合要求后，退除反拉加载设备。

7 质量评定

7.1 一般规定

7.1.1 现场检测结束后，应对锚下有效预应力检测项目的相关内容质量评定。

7.1.2 锚下有效预应力检测评定内容包括单根预应力钢绞线锚下有效预应力偏差、单束预应力钢绞线锚下有效预应力偏差和同断面不均匀度指标。

7.2 锚下有效预应力标准值

7.2.1 锚下有效预应力标准值宜采用标准试验检测得出试验值确定，当无可靠试验数据时，可通过计算得出理论值确定。

7.2.2 锚下有效预应力标准值的试验值确定应满足下列规定：

- a) 标准构件应按照拟测试构件的设计图纸制作；
- b) 锚下有效预应力值可在预应力钢绞线锚下安装测力传感器，通过标准张拉试验读取；
- c) 标准试验不少 3 组，标准试验得出的最大试验值、最小试验值与算术平均值偏差应不大于 1%；
- d) 锚下有效预应力标准值应取标准试验的锚下有效预应力算术平均值。

7.2.3 锚下有效预应力标准值的计算见公式（1）：

$$F_s = [\sigma_{con} - (\sigma_{l1} + \sigma_{l2} + \sigma_{l4})] \times \frac{A_p}{1000} \quad (1)$$

式中：

F_s ——锚下有效预应力标准值，单位为千牛（kN）；

σ_{con} ——锚下设计张拉控制应力，单位为兆帕（MPa）；

σ_{l1} ——预应力钢绞线与管道壁之间摩擦引起的应力损失，单位为兆帕（MPa）；

σ_{l2} ——锚具变形、钢绞线回缩和接缝压缩损失，单位为兆帕（MPa）；

σ_{l4} ——混凝土的弹性压缩损失，单位为兆帕（MPa）；

A_p ——预应力钢绞线的公称截面面积，单位为平方毫米（mm²）。

7.2.4 预应力钢绞线与管道壁之间摩擦引起的应力损失计算见公式（2）：

$$\sigma_{l1} = \sigma_{con} [1 - e^{-(\mu\theta + kx)}] \quad (2)$$

式中：

σ_{l1} ——预应力钢绞线与管道壁之间摩擦引起的应力损失，单位为兆帕（MPa）；

- σ_{con} ——锚下设计张拉控制应力，单位为兆帕（MPa）；
- μ ——预应力钢绞线与管道壁的摩擦系数；
- θ ——从张拉端至计算截面曲线管道部分切线的夹角之和，单位为弧度（rad）；
- k ——管道每米局部偏差对摩擦的影响系数；
- x ——从张拉端至计算截面的管道长度，可近似地取该段管道在构件纵轴上的投影长度，单位为米（m）。

7.2.5 预应力直线钢绞线锚具变形、钢绞线回缩和接缝压缩引起的应力损失计算见公式（3）：

$$\sigma_{l2} = \frac{\sum \Delta l}{l} E_p \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- σ_{l2} ——锚具变形、钢绞线回缩和接缝压缩损失，单位为兆帕（MPa）；
- Δl ——张拉端锚具变形、钢绞线回缩和接缝压缩值，单位为毫米（mm）；
- l ——张拉端至锚固端之间的距离，单位为毫米（mm）；
- E_p ——预应力钢绞线弹性模量，单位为兆帕（MPa）。

7.2.6 预应力曲线钢绞线按照 JTG 3362—2018 中附录 G 计算。

7.2.7 混凝土的弹性压缩引起的应力损失计算见公式（4）：

$$\sigma_{l4} = \alpha_{EP} \sum \Delta \sigma_{pc} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- σ_{l4} ——混凝土的弹性压缩损失，单位为兆帕（MPa）；
- α_{EP} ——预应力钢绞线弹性模量与混凝土弹性模量的比值。
- $\Delta \sigma_{pc}$ ——在计算截面完成张拉的预应力钢绞线重心处，由后批张拉预应力钢绞线产生的混凝土法向应力，单位为兆帕（MPa）。

7.3 锚下有效预应力质量评定

7.3.1 锚下有效预应力检测项目评定内容的计算可按以下公式进行：

a) 单根预应力钢绞线锚下有效预应力极值偏差计算见公式（5）：

$$\theta = \frac{F_T - F_S}{F_S} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- θ ——单根预应力钢绞线锚下有效预应力偏差，单位为百分比（%）；
- F_T ——单根预应力钢绞线锚下有效预应力检测值，单位为千牛（kN）；
- F_S ——单根预应力钢绞线锚下有效预应力标准值，单位为千牛（kN）。

b) 单束预应力钢绞线锚下有效预应力偏差计算见公式（6）：

$$\tau = \frac{\overline{F_T} - F_S}{F_S} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

式中：

- τ ——单束预应力钢绞线锚下有效预应力偏差，单位为百分比（%）；
- $\overline{F_T}$ ——单束中各根预应力钢绞线锚下有效预应力检测平均值，单位为千牛（kN）；
- F_S ——单根预应力钢绞线锚下有效预应力标准值，单位为千牛（kN）。

c) 锚下有效预应力同断面不均匀度计算见公式（7）：

$$\gamma = \frac{\bar{F}_{T_{max}} - \bar{F}_{T_{min}}}{\bar{F}_{T_{max}} + \bar{F}_{T_{min}}} \times 100\% \quad (7)$$

式中：

γ ——锚下有效预应力同断面不均匀度，单位为百分比（%）；

$\bar{F}_{T_{max}}$ ——同断面中各对称束单根锚下有效预应力检测平均值中的最大值，单位为千牛（kN）；

$\bar{F}_{T_{min}}$ ——同断面中各对称束单根锚下有效预应力检测平均值中的最小值，单位为千牛（kN）。

7.3.2 单根预应力钢绞线锚下有效预应力偏差 θ 、单束锚下有效预应力偏差 τ 及锚下有效预应力同断面不均匀度 γ 应满足表1的要求。

表1 锚下有效预应力检测项目相关指标判定标准

| 检测指标 | 允许偏差/% |
|--------------------------------|---------|
| 单根预应力钢绞线锚下有效预应力偏差 (θ) | ± 5 |
| 单束锚下有效预应力偏差 (τ) | ± 5 |
| 锚下有效预应力同断面不均匀度 (γ) | 2 |

7.3.3 有效预应力检测项目的相关指标均满足本文件 7.3.2 时，评定为合格，否则应评定为不合格。

7.3.4 出现以下情况时，应直接评定为不合格：

- 当反拉终止应力为 $1.08 \sigma_{con}$ 时，夹片尚未松动或伸长量—张拉力曲线斜率无突然变小，应直接评定为不合格；
- 当反拉应力小于 $0.6 \sigma_{con}$ 时，夹片即有明显位移、伸长量—张拉力曲线斜率较小或曲线斜率较早出现突然变小，说明预应力钢绞线锚下应力较小或处于松弛状态，应直接评定为不合格；
- 当预应力钢绞线断丝或滑丝、夹片破裂、锚垫板变形等数量超过表2的限制值时，应直接评定为不合格。

表2 预应力钢绞线断丝或滑丝、夹片破裂、锚垫板变形等限制值要求

| 类别 | 检测项目 | 限制值 |
|------|-----------------------------|---------|
| 钢绞线束 | 每束钢绞线断丝或滑丝（后张法） | 1丝 |
| | 每个断面断丝之和不超过该断面钢丝总数的百分比（后张法） | 1% |
| 夹片 | 横向、斜向破裂或断裂 | 不允许 |
| | 顶面错位 | 不超过2 mm |
| | 露出锚具外高度 | 不超过4 mm |
| 锚具 | 锚孔塑性变形、开裂 | 不允许 |
| 锚垫板 | 中心变形出现明显变形或破裂 | 不允许 |

7.3.5 锚下有效预应力检测评定为不合格时，应采取相应措施直至合格为止，具体处置措施可参照附录D。

8 检测报告

8.1 检测结果应以检测报告的方式提交，及时形成报告，检测报告应用词规范，结论明确，文字简练。

8.2 检测报告应包括下列内容：

- 项目概况，应包括桥梁的基本信息、受检构件的编号、检测日期等情况；

- b) 检测依据；
- c) 检测人员、设备及环境情况。检测人员应列出姓名、职责及资质证书编号等，检测设备应列出设备名称、规格型号、管理编号及检定日期等，环境情况应列出环境温度；
- d) 检测的内容和方法。阐述检测的数量和评定方法；
- e) 检测数据分析与判定；
- f) 检测结论，应给出明确的评判结论，对不合格情况给出处理建议；
- g) 附件，应包括受检预应力束断面布置图、测试结果图等。

9 安全管理

- 9.1 检测前应做好各种危险源辨识、评估及安全应对措施，防止意外事故发生。
- 9.2 检测区域内应设置明显的防护、警示及引导标志。进入检测区应佩戴安全防护用品。预应力钢绞线检测时两端的正面不应站人和穿越。
- 9.3 检测作业使用的张拉机械、仪器设备及辅助工具，应符合其安装、维护、使用等相关规定，并定期检查、校验，使其保持良好的工作状态。
- 9.4 高空、水上检测作业应对相关人员进行安全技术交底，并设置必要的安全防护措施；在强风、浓雾、暴雨、雷电和暴风雪等恶劣天气情况下，不应开展现场检测作业。
- 9.5 在检测过程中，应通过观察异常反应、分析测试数据等判断检测是否安全。
- 9.6 检测设备应轻拿轻放、安置稳固；运输过程中应按设备要求包装防护。

地方标准信息服务平台

附 录 A
(资料性)
检测记录表

公路桥梁锚下有效预应力反拉法检测记录表见表A.1。

表 A.1 公路桥梁锚下有效预应力反拉法检测记录表

检测单位名称：

记录编号：

| | | | | | | |
|-------------|------------|-----------|-----------|----------------|-------------|----|
| 工程名称 | | | | 委托/任务编号 | | |
| 桥梁名称/桩号 | | | | 构件形式 | | |
| 检测依据 | | | | 构件编号 | | |
| 检测条件 | | | | 构件长度 | | |
| 张拉工艺 | | | | 张拉日期 | | |
| 环境温度 | | | | 检测日期 | | |
| 主要仪器设备及编号 | | | | | | |
| 孔道 编号 | 预应力束 规格 | 锚夹具 型号 | 钢绞线 编号 | 有效预应力实测值 kN | 位移实测值 mm | 备注 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| 检测部位示 意图 | | | | | | |
| 备注 | | | | | | |

检测：

记录：

复核：

日期： 年 月 日

附录 B
(规范性)

基于“位移-力”曲线的检测方法

B.1 基于“位移-力”曲线的检测原理，对孔道未注浆的预应力钢绞线进行反向张拉，同时测量张拉力与预应力钢绞线伸长量。当反拉力小于锚下有效预应力时，夹片对预应力钢绞线有紧固作用，当反拉力超过原有效预应力时，锚头与夹片脱开，能够自由伸长的预应力钢绞线除了露出的自由长度以外，一部分位于锚内的预应力钢绞线也参与张拉，此时，自由伸长的预应力钢绞线长度就会有明显的增加。另一方面，夹片本身也会随着预应力钢绞线的伸长而产生向外的微小位移。因此，通过量测反拉力-预应力钢绞线或者夹片的位移，即可推算锚下有效预应力值。反拉法检测“位移-力”关系曲线如图 B.1。

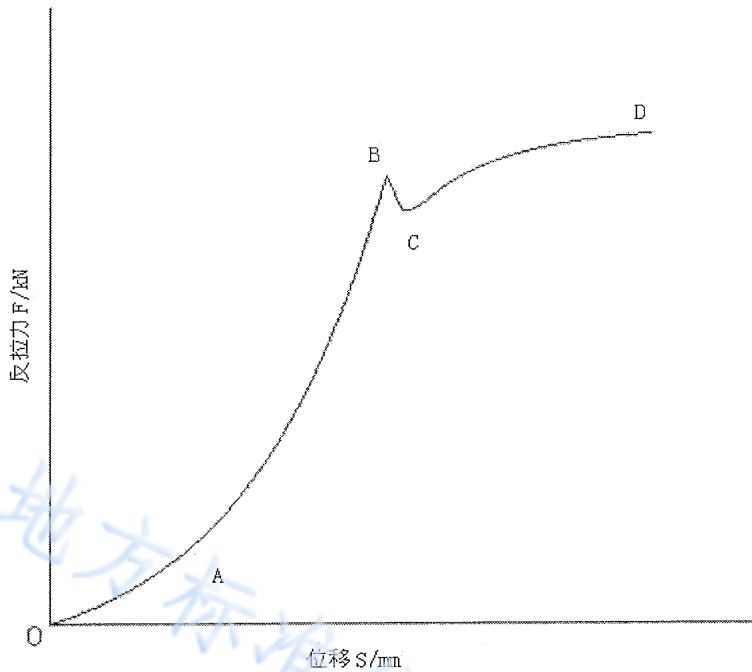


图 B.1 反拉法检测“位移-力”关系曲线

B.2 反拉法检测开始时，反拉力慢慢增大，锚具、智能前端、千斤顶等设备间空隙进一步被排除，此阶段反拉力增加较小，而位移迅速增加，在 F~S 预应力曲线上斜率较小，如图 B.1 中的 OA 段；OA 段结束，各个部件间空隙全部被压紧，此阶段随着反拉力增加，位移增量为工作段预应力钢绞线的弹性变形，曲线的斜率趋于稳定，如图 B.1 中的 AB 段；AB 段末端，反拉力达到平衡锚下有效预应力与静摩擦力之和，反拉力持续作用，完成克服摩擦力，此时，预应力体系将进行一个调整，如图 B.1 中的 BC 段，此阶段夹片与锚具之间的摩擦消失，夹片将随着预应力钢绞线向外移动，直至被限位板（筒）限制住；当夹片松动后，反拉力继续增大，此时位移增量为工作段预应力钢绞线和外预应力钢绞线弹性变形之和，显然此时单位反拉力带来的位移量大得多，在 F~S 曲线上斜率减小，如图 B.1 中的 CD 段。因此，C 点以后的张拉可以认为已经克服了夹片摩阻，因此，可将 C 点作为锚下有效预应力的判据。

附录 C (规范性)

基于夹片位移控制的检测原理

基于夹片位移控制的检测原理示意图见图C.1，在外露单根预应力钢绞线上安装智能限位装置，并在智能限位装置与千斤顶之间设置压力传感器，千斤顶启动后预应力钢绞线被张拉，当反拉力小于锚下有效预应力时，由于夹片对预应力钢绞线的紧固力效应，内部预应力钢绞线不会发生位移。当反拉力略大于锚下有效预应力时，夹片松动并与内部预应力钢绞线一道发生向外的微小位移，智能限位装置通过识别该平衡点并控制油泵停止工作，这时压力传感器显示值就是锚下有效预应力值。

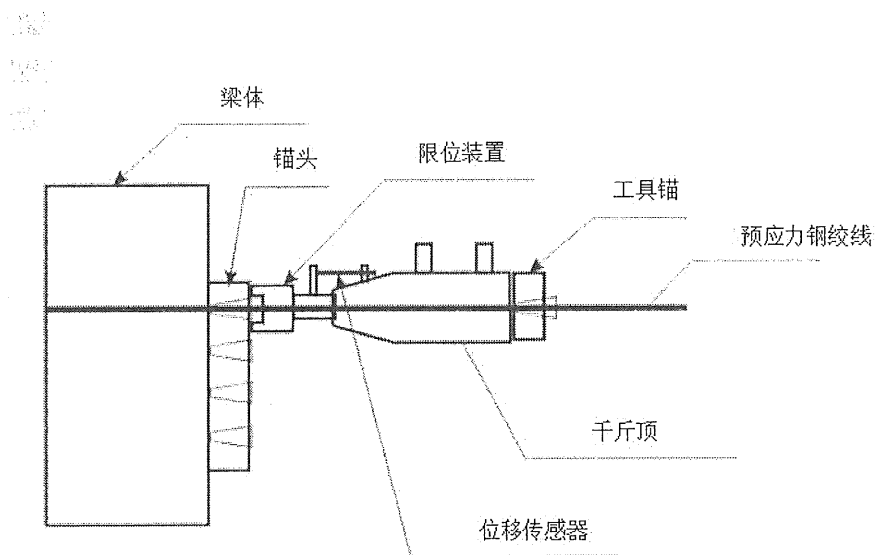


图 C.1 基于夹片位移控制的检测原理示意图

地方标准信息服务平台

附录 D
(规范性)
不合格处置措施

当锚下有效预应力检测评定为不合格时，可采取以下措施进行处理：

- a) 当出现单束实测平均锚下有效预应力低于标准值的 60%，且同束中单根预应力钢绞线实测锚下有效预应力最大值低于标准值的 70%时，可采用补偿张拉的方式进行处理；
- b) 当单根预应力钢绞线锚下有效预应力极值、单束锚下有效预应力大小或同断面不均匀度超出允许偏差时，应进一步确定其不合格范围并对所涉及的整束预应力钢绞线作退索处理后，重新穿束张拉；
- c) 当出现同束中单根预应力钢绞线锚下有效预应力极值偏差不合格时，应检查并采用或改进梳编穿束工艺，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 1 m~1.5 m 捆绑 1 次，使其绑扎牢固、顺直；
- d) 当出现有效预应力大小、同断面不均匀度不合格时，应停止张拉施工并重新检定张拉设备，验证其精度和可靠性。必要时，应改进张拉工艺和张拉设备。整改后，应通过检测确认其效果后方可继续施工；
- e) 预应力钢绞线滑丝断丝、夹片破裂、锚具变形等数量超过本文件表 2 的限制值时，对所涉及的整束预应力钢绞线作退索处理后，重新穿束张拉；
- f) 对于退索会危及结构、施工安全的特殊情况，施工单位不应自行处理，应由设计单位对其进行复核算并出具设计处理方案，并由建设单位组织专家评审；
- g) 退索处理中退出的钢绞线和夹片应报废处理，不应重复使用。

地方标准信息服务平台