

ICS 93.040
CCS P 28

DB 37

山 东 省 地 方 标 准

DB 37/T 4384—2021

混凝土桥梁有效预应力无损检测技术规程

Technical specification on effective prestress nondestructive testing of post-tensioned
bridges

2021 - 07 - 09 发布

2021 - 08 - 09 实施

山东省市场监督管理局 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	1
4 张拉施工质量检测	1
4.1 通用要求	1
4.2 检测设备	2
4.3 检测流程	2
4.4 检测前准备	3
4.5 检测值计算	3
4.6 安全要求	4
5 有效预应力检验	4
5.1 检测频率	4
5.2 验收	4
附录 A（资料性） 桥梁锚下有效预应力检测现场记录表	5

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。

本文件由山东省交通运输厅提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：山东高速集团有限公司、山东高速建设管理集团有限公司、山东高速工程检测有限公司、山东大学、山东省交通运输厅执法局、山东高速集团有限公司建设管理分公司、青岛交通发展集团有限公司、中铁十局集团第一工程有限公司。

本文件主要起草人：吕新建、辛公锋、张峰、赵然、叶见曙、俄广迅、徐传昶、蒋庆、周昆、王阳春、李涛、姚德臣、高华睿、顾瑞海、王冠、卢瑜、高磊、孔晨光、陆由付、汤洪涛、孙启亮、张田涛、张刚、崔恩勇、姜斌、孙涛、申乐强。

混凝土桥梁有效预应力无损检测技术规程

1 范围

本文件确立了采用拉脱法检测混凝土桥梁有效应力的程序。
本文件适用于后张法预应力混凝土桥梁施工期有效应力的检测和验收。

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/T 3050 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

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

拉脱法 lift-off test method

对钢绞线外露段施加反向拉力来测定预应力混凝土梁孔道压浆前锚下有效预应力，也称为“反拉法”。

3.2

锚下有效预应力 effective prestress under anchorage

预应力筋张拉后、压浆前，工作锚内侧的应力值。

3.3

有效预应力同束不均匀度 unevenness of effective prestress in a tendon

同一束中所有单根钢绞线锚下有效预应力最大值、最小值与平均值的偏差程度。

4 张拉施工质量检测

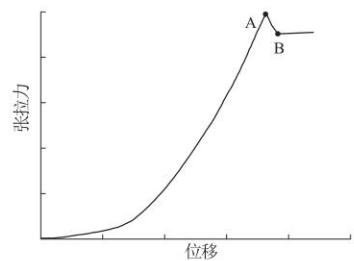
4.1 通用要求

4.1.1 预应力张拉应符合 JTG/T 3050 的规定。

4.1.2 后张法管道安装位置偏差及张拉控制精度等应满足 JTG F80/1 等相关规范的要求。

4.1.3 有效预应力检测应在预应力筋张拉锚固后、压浆前进行。

4.1.4 拉脱法检测有效预应力基本原理是对梁体外露工作长度的单根钢绞线进行反向张拉，使得锚外钢绞线和锚内钢绞线内力平衡，测定锚下有效预应力。采用拉脱法测得的典型测试张拉力-位移曲线见图 1。



标引序号说明：
A——锚外张拉力峰值点；
B——锚外张拉力突变段的低谷点。

图1 拉脱法典型张拉力-位移曲线

4.1.5 张拉应力不应大于 $0.8f_{pk}$ 且夹片脱空量不应大于 3.5 mm ， f_{pk} 为预应力钢绞线抗拉强度标准值。

4.2 检测设备

4.2.1 检测设备包括采集系统、压力传感器、位移传感器、油泵、千斤顶等(如图 2)，应进行检定校准。测力精度不应低于 0.1 kN ，位移精度不应低于 0.01 mm ，采样频率不应低于 100 Hz 。

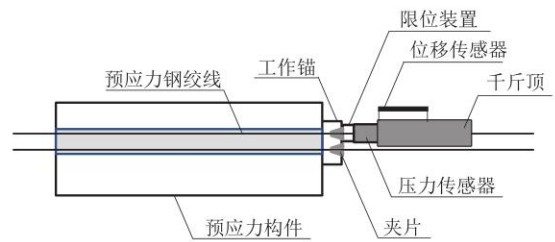


图2 拉脱法检测示意图

4.2.2 检测设备应具备夹片位移测试功能。

4.3 检测流程

混凝土桥梁拉脱法检测流程见图3。

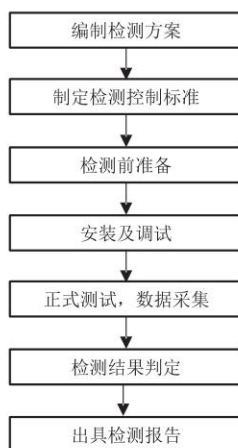


图3 拉脱法检测流程

4.4 检测前准备

4.4.1 检测前应编制检测方案，明确检测项目，制定检测控制标准。

4.4.2 检测前应做好各种危险源辨识、评估及其安全应对措施。

4.5 检测值计算

4.5.1 对于 $f_{pk}=1\ 860\ \text{MPa}$ 、公称直径为 $15.20\ \text{mm}$ 的单根钢绞线，锚下有效预应力可按以下公式计算：

$$f_{\text{eff}} = F_{\text{IT}} \times 10^3 / (y_t \times A_p) \quad (1)$$

$$F_{\text{IT}} = F_A - F_l + \Delta F_T \quad (2)$$

$$F_l = 0.173 F_A - 12.065 \quad (3)$$

$$\Delta F_T = 0.081 \Delta T + 0.015 \quad (4)$$

$$y_t = t^{-6.509 \times 10^{-3}} e^{(t-1) \times (-4.673 \times 10^{-6})} \quad (5)$$

式中：

f_{eff} ——锚下有效预应力，单位为兆帕（MPa）；

F_{IT} ——考虑夹片咬合力和温度修正后的测试值，单位为千牛（kN）；

F_A ——拉脱法测试曲线锚外钢绞线张力峰值，单位为千牛（kN）；

F_l ——夹片咬合力，单位为千牛（kN）；

ΔF_T ——考虑环境温度的修正值，单位为千牛（kN），当温差不超过 $20\ ^\circ\text{C}$ 时，可不考虑公式(4)环境温度的影响；

ΔT ——相较张拉完成时刻的环境温差，单位为摄氏度（ $^\circ\text{C}$ ）；

y_t ——钢绞线张力残余率，即张拉结束起始到检测时刻 t （min）钢绞线剩余预应力与初始预应

力的比值。

A_p ——单根钢绞线截面面积，单位为平方毫米（ mm^2 ）。

4.5.2 有效预应力同束不均匀度计算方法如下：

$$U_t = \text{Max} \left\{ \frac{P_{\text{Max}} - \bar{P}}{\bar{P}}, \frac{\bar{P} - P_{\text{Min}}}{\bar{P}} \right\} \dots\dots\dots (C)$$

式中：

U_t ——有效预应力同束不均匀度；

P_{Max} ——同束钢绞线内单根钢绞线有效预应力最大值，单位为千牛（kN）；

P_{Min} ——同束钢绞线内单根钢绞线有效预应力最小值，单位为千牛（kN）；

$\bar{P}$ ——同束钢绞线内单根钢绞线有效预应力平均值，单位为千牛（kN）。

4.6 安全要求

4.6.1 现场检测出现异常时，应立即停止检测并查明异常原因。异常情况包括且不仅包括如下情况：

- a) 预应力筋伸长量大于理论最大伸长量；
- b) 出现夹片破裂、锚具凹陷、预应力筋断丝或滑移、混凝土开裂、异常响声等异常现象。

4.6.2 任何情况下预应力筋张拉力不应超过 $0.8f_{pk}$ 。

5 有效预应力检验

5.1 检测频率

有效预应力检测频率不宜低于表1。其中，预制梁按梁数量统计，且单项工程不小于3片；现浇梁按预应力孔道数统计，且不小于5束。

表1 预应力检测频率

类别	检测频率
预制梁	10 %
现浇梁	5 %

5.2 验收

5.2.1 检测控制标准：预应力钢绞线张拉锚固后锚下有效预应力大小不应低于公式(7)的规定。

$$\text{Min} \left(\left(k f_{pk} - \frac{\Delta l}{l} E_p \right), 0.63 f_{pk} \right) \dots\dots\dots (7)$$

式中：

k ——设计张拉控制应力系数；

Δl ——锚具变形、钢筋回缩和接缝压缩值，单端变形为5毫米（mm）；

l ——预应力钢绞线的锚固长度，单位为毫米（mm）；

E_p ——预应力钢绞线的弹性模量，单位为兆帕（MPa）。

5.2.2 对于检验不合格的情况不应进行压浆施工。

5.2.3 检测记录表宜参照附录 A。

附 录 A

(资料性)

桥梁锚下有效预应力检测现场记录表

桥梁锚下有效预应力检测现场记录表见表A. 1。

表A. 1 桥梁锚下有效预应力检测现场记录表

试验记录编号：第 页 共 页

工程名称			结构型式				
委托单位			施工单位				
检测单位			检测日期				
设备名称			检测依据				
构件编号			张拉日期				
构件长度			张拉工艺				
孔道编号	预应力筋规格	单根预应力筋锚口有效预应力实测值 (kN)					备注
		1#	2#	3#	4#	5#	
检测部位示意图							
备注							

检测：记录：复核：