

DB13

河北省地方标准

DB 13/T 5367—2021

公路桥梁预应力自动张拉技术规程

地方标准信息服务平台

2021 - 01 - 21 发布

2021 - 02 - 21 实施

河北省市场监督管理局 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 系统要求.....	2
5 工艺要求.....	4
6 质量控制.....	4
7 检验和校准.....	8

地方标准信息服务平台

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。

本文件由河北省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：河北省公路工程质量安全监督站、石家庄铁道大学、河北高达智能装备股份有限公司、河北省交通规划设计院、河北冀通路桥建设有限公司、中建路桥集团有限公司、河北益铁机电科技有限公司、吴桥厚德建筑机械有限公司。

本文件主要起草人：齐广超、王建立、黄华山、张风旗、刘伟力、张志国、葛同府、张卫民、夏勇、高伟杰、毕鹏、赵晓辉、罗明帅、李兴亮、王凯、刘立国、贾庆山、崔建军、叶剑波、侯永生。

地方标准信息服务平台

公路桥梁预应力自动张拉技术规程

1 范围

本文件规定了公路桥梁预应力自动张拉的术语和定义、系统要求、工艺要求、质量控制和检验。本文件适用于公路桥梁预应力自动张拉的前期准备和过程控制。

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 16796 安全防范报警设备 安全要求和试验方法

GB/T 25000.51 系统与软件工程 系统与软件质量要求和评价（SQuaRE）第51部分：就绪可用软件产品（RUSP）的质量要求和测试细则

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

自动张拉系统 automatic tensioning system

自动完成预应力张拉全过程，并具有数据处理、存储、传输和预警等功能的系统。

3.2

张拉控制力 value of tension control

设计锚下控制力值与锚具损失力值之和。

3.3

张拉力值精度 precision of tension value

自动张拉系统张拉力示值与标定系统标准力值的相对误差。

3.4

张拉力控制偏差度 deviation of tension control

自动张拉系统张拉力示值与预设目标值的相对误差。

3.5

张拉力波动度 fluctuation of tension

持荷期间自动张拉系统张拉力最大波动幅度与预设目标值的比率。

4 系统要求

4.1 一般要求

- 4.1.1 千斤顶和力传感器的额定值宜为最大张拉控制力的 1.5 倍，且不应小于 1.2 倍。
- 4.1.2 液压传感器的额定油压不应小于 60MPa。
- 4.1.3 位移传感器的额定量程不应小于单次张拉最大伸长值的 1.2 倍。
- 4.1.4 温度传感器的额定量程为-30℃~+100℃。
- 4.1.5 软件性能符合 GB/T 25000.51 的规定，不应存在可修改张拉过程及结果数据的功能。
- 4.1.6 安全警示标识、接地保护端子、急停按钮等安全防护装置应符合 GB 16796 的规定。

4.2 功能要求

- 4.2.1 自动控制张拉、持荷、锚固、回顶全过程作业，并符合 JTG/T 3650 的相关规定。
- 4.2.2 具备自动调控张拉力和自动测量伸长值功能。
- 4.2.3 具备自动控制同步张拉功能。
- 4.2.4 具备卸载过程缓慢可控和自动测量锚固回缩量的功能。
- 4.2.5 采用力传感器自动控制张拉力，且应具备液压传感器自动校核控制力值功能。
- 4.2.6 具备自动调控液压系统油温功能。
- 4.2.7 具备张拉力值和伸长值监控及故障自诊断功能，工作异常时能够自动停止张拉，并进行报警。
- 4.2.8 具备安全保护功能，当千斤顶油压达到设定值，或张拉力达到设定的最大控制力时，自动报警并停机。
- 4.2.9 具备自动记录张拉施工时间及持荷时间的功能。
- 4.2.10 具备数据实时采集、存储和上传功能，并自动形成张拉力—伸长量、张拉力—时间、伸长量—时间曲线，报表格式参见图 1。

地方标准信息服务平台

后张法预应力张拉记录表

单位工程名称		钢绞线直径及型号										Xx 端千斤顶及传感器编号							
构件名称及编号		钢绞线弹性模量 (MPa)										Xx 端千斤顶及传感器编号							
浇筑日期		限位板槽深 (mm)										Xx 端千斤顶及传感器编号							
张拉日期		张拉时砼强度 (MPa)										Xx 端千斤顶及传感器编号							
张拉顺序	钢束编号	设计张拉力 (kN)	张拉端断面	初张拉		二倍初张拉		分级张拉		分级张拉		终张拉 (1+D ₀) σ _{con}		工具夹片回缩量 (mm)	实际伸长值 (mm)	理论伸长值 (mm)	伸长值偏差 (≤6%)	工作夹片外露量 (mm)	锚固回缩量 (≤6mm)
				张拉力 (kN)	伸长值 (mm)	张拉力 (kN)	伸长值 (mm)	张拉力 (kN)	伸长值 (mm)	张拉力 (kN)	伸长值 (mm)	张拉力 (kN)	伸长值 (mm)						
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
异常情况		处理情况																	

其中: n₀为锚固口摩擦力损失系数; 工具夹片回缩量为工具夹片相对于工具锚板的回缩量, 可根据实测结果取经验值, 钢绞线的实际伸长值应扣除其影响; 分级张拉可根据实际情况取舍;
锚固回缩量=限位板槽深-工作夹片外露量。

图 1 后张法预应力张拉记录表

5 性能要求

- 5.1.1 自动张拉系统的张拉力值精度应不低于 0.5%。
- 5.1.2 自动张拉系统的张拉力控制偏差度为 $\pm 1.0\%$ 。
- 5.1.3 持荷时间内张拉力波动度应不大于 2.0%。
- 5.1.4 应能对各千斤顶之间的力值同步控制，同步误差应控制在 $\pm 2\%$ 以内。
- 5.1.5 位移传感器误差应在 $\pm 0.2\text{mm}$ 以内。
- 5.1.6 液压传感器精度应不低于 0.5%。
- 5.1.7 温度传感器误差应在 $\pm 1^\circ\text{C}$ 以内。
- 5.1.8 液压系统的额定压力应不小于 60MPa。

6 工艺要求

- 6.1 生产初期，后张法预应力张拉前应对锚口、喇叭口和孔道摩阻损失进行测定，对不同类型的孔道至少选取两个孔道进行摩阻测试，根据实测摩阻系数计算理论伸长值。
- 6.2 梁体混凝土养护期间，应防止雨水、养护水进入预应力孔道，且不得用水冲洗孔道。
- 6.3 应对预应力筋进行编号、编束后整束穿入孔道，并与工作锚板锚孔对应。
- 6.4 预应力工作锚板不应偏出锚垫板凹槽，预应力张拉与预应力束轴线方向应一致。
- 6.5 应使用与钢绞线实测直径相匹配的限位板。
- 6.6 预应力筋的张拉顺序应符合设计要求，预施应力过程应保持同步。
- 6.7 当力传感器显示力值与液压传感器测量值超过 2%时报警，当实测伸长值与理论伸长值超过规定偏差时报警。
- 6.8 预应力筋张拉速率宜控制在张拉控制力的 $(10\% \sim 25\%) / \text{min}$ 。
- 6.9 张拉锚固后夹片顶面应平齐，其相互间的错位不大于 2mm，夹片外露应在 2mm~3mm 之间。

7 质量控制

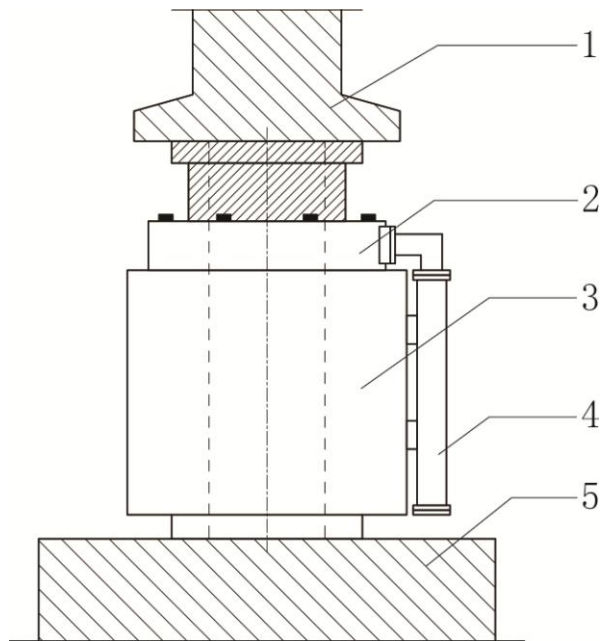
7.1 一般要求

- 7.1.1 千斤顶、力传感器、液压传感器、位移传感器、温度传感器、工业可编程控制器（PLC）等主要部件应提供具有出厂质量检验证明合格证书。
- 7.1.2 检验时应按不小于千斤顶额定力值的 0.8 倍确定所需安装的预应力筋根数。
- 7.1.3 检验用预应力筋的有效受力长度应不小于 3m。

7.2 张拉力值精度检验

7.2.1 检验工装

检验用的自动张拉系统组装件应按图2进行安装，加载设备为标准试验机。力传感器应位于千斤顶上方，力传感器与试验机加载轴心对中。



说明：

- 1—标准试验机上压板；
- 2—力传感器；
- 3—千斤顶；
- 4—变送器；
- 5—标准试验机下压板。

图 2 张拉力值精度检验安装示意图

7.2.2 检验方法

加载前，将千斤顶出缸量调至 80mm~120mm；将自动张拉系统的测力指示装置调至零点。按自动张拉系统满量程的 20%、40%、60%、80%、100%逐级进行加载，分别为 1、2、3、4、5 级，加载 3 次，每次加载应将千斤顶旋转 90°，取三次最大值作为检验结果。每级加载到位静停 10s 后，读取试验机读数，并同时记录张拉系统的张拉力示值。

7.2.3 检验计算

张拉力值精度按式（1）计算：

$$\delta_z(\%) = \left[\frac{X_i - F_i}{F_i} \times 100\% \right]_{\max} \dots\dots\dots (1)$$

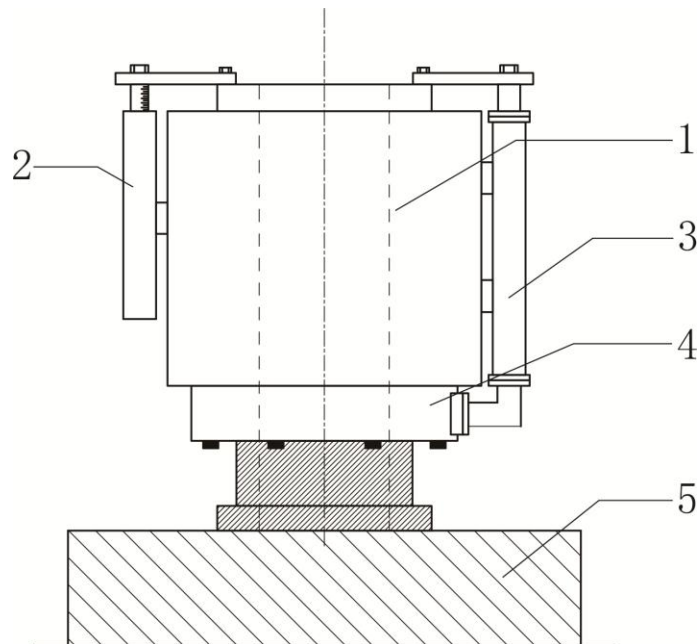
式中：

- δ_z —张拉力值精度；
- X_i —自动张拉系统第*i*加载级的张拉力示值，单位为千牛（kN）；
- F_i —标准试验机第*i*加载级的力值，单位为千牛（kN）；
- i*—加载级序号，*i*=1, 2, 3, 4, 5。

7.3 位移传感器误差检验

7.3.1 检验工装

检验用的预应力自动张拉系统组装件应按图3进行安装。安装在千斤顶侧面的标准位移测量仪应与千斤顶的轴向平行。千斤顶无外荷载作用。



说明：

- 1—千斤顶；
- 2—标准位移测量仪；
- 3—位移传感器；
- 4—力传感器；
- 5—工作平台。

图3 位移传感器误差检验工装示意图

7.3.2 检验方法

检验前，自动张拉系统的位移传感器及其指示装置调至零点。按位移传感器量程的20%、40%、60%、80%、100%逐级伸长千斤顶，随后按位移传感器量程的80%、60%、40%、20%、0逐级回缩千斤顶，分别为1、2、3、4、5、6、7、8、9、10级，加载3次，取三次最大值作为检验结果。每级到位静停10s后，按顺序分别读取该10个测量点标准位移测量仪的位移值 L_i 和自动张拉系统位移传感器的位移值 Y_i 。

7.3.3 检验计算

位移传感器误差按式（2）计算：

$$\delta_s = [Y_i - L_i]_{\max} \dots\dots\dots (2)$$

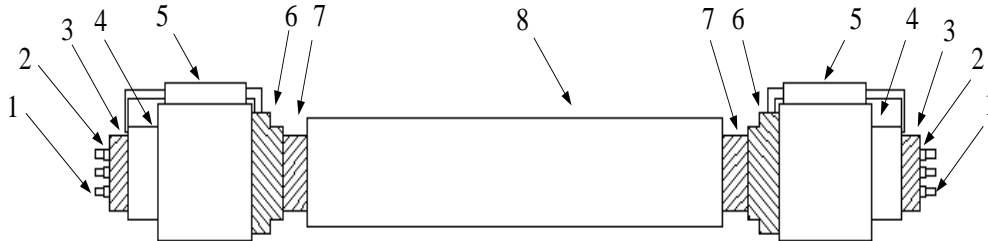
式中：

- δ_s —位移传感器误差；
- i —测量点序号， $i=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$ ；
- Y_i —第 i 个测量点自动张拉系统位移传感器的位移值，单位为毫米（mm）；
- L_i —第 i 个测量点标准位移测量仪位移值，单位为毫米（mm）。

7.4 张拉力控制偏差度和张拉力波动度检验

7.4.1 检验工装

张拉力控制偏差度检验应在钢制模拟梁上进行，组装件按图4进行安装，钢绞线根数应根据张拉力的预设目标值选定，钢绞线有效长度不少于3m，钢绞线应平行顺直，工具夹片应均匀预紧。采用自动张拉系统进行自动加载和持荷。千斤顶应预伸长适当长度，以便卸顶。



说明：

- 1—钢绞线；
- 2—工具夹具；
- 3—工具锚；
- 4—千斤顶；
- 5—位移传感器；
- 6—力传感器；
- 7—工装配件；
- 8—钢制模拟梁。

图4 张拉力控制偏差度和张拉力波动度检验工装示意图

7.4.2 检验方法

预设目标值为力传感器额定荷载的0.75倍，按预设目标值10%、20%、100%分3级逐级加载，加载3次，取三次最大值作为检验结果。其中，前2级加载到位后持荷30s，第3级加载到位后持荷5min。自动张拉系统自动记录全过程的张拉力数据，人工记录自动张拉系统持荷期间张拉力的最大值和最小值。

7.4.3 检验计算

7.4.3.1 张拉力控制偏差度计算

张拉力控制偏差度表示自动张拉系统对输出张拉力的控制准确程度，取持荷过程中张拉力示值与预设目标值偏差的最大值，张拉力控制偏差度按式(3)计算：

$$\delta_c(\%) = \left[\frac{X_i - P_i}{P_i} \times 100\% \right]_{\max} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- δ_c — 张拉力控制偏差度；
- X_i — 第*i*测量点，持荷期间自动张拉系统的输出张拉力示值，单位为千牛（kN）；
- P_i — 第*i*测量点，控制力预设目标值，单位为千牛（kN）；
- i* — 加载级序号， *i*=1, 2, 3。

7.4.3.2 张拉力波动度计算

张拉力波动度表示自动张拉系统张拉力的稳定性，取持荷过程中张拉力示值的最大值和最小值之间的差值与100%张拉力的比值，张拉力波动度按式（4）计算：

$$\delta_b(\%) = \left[\frac{F_{i\max} - F_{i\min}}{F_{100\%}} \times 100\% \right]_{\max} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

δ_b —张拉力波动度；

$F_{i\max}$ —第 i 测量点，自动张拉系统持荷期间张拉力的最大值，单位为千牛（kN）；

$F_{i\min}$ —第 i 测量点，自动张拉系统持荷期间张拉力的最小值，单位为千牛（kN）；

$F_{100\%}$ —自动张拉系统 100% σ_{con} 时的设计张拉力，单位为千牛（kN）；

i—加载级序号，i=1, 2, 3。

7.5 功能检验

7.5.1 自动控制功能检验

本项检验可在张拉力控制偏差度检验完毕后进行，检验设备与工装见图4。

按默认的张拉控制程序进行自动张拉，张拉控制力为最大预设目标值。观测检查自动张拉系统是否具备张拉、持荷、锚固全过程自动控制的能力。

7.5.2 断电恢复功能检验

自动张拉过程中，张拉力到达张拉控制力的 50%时，人为断开工作电源，间隔 2min 后恢复工作电源。检验自动张拉系统是否以断电时刻的张拉力为起点继续自动张拉至控制力目标值。

7.5.3 张拉力校核功能检验

自动张拉过程中，由液压传感器测得间接张拉力，由力传感器测得直接张拉力，检验自动张拉系统是否具备通过间接张拉力对直接张拉力进行实时跟踪校核并进行预警的功能。

7.5.4 故障自诊断功能检验

自动张拉系统的故障自诊断检验包括以下内容：

- a) 自动张拉过程中，人为断开、接通数据通讯线，检验自动张拉系统是否具有自动诊断故障并提示功能；
- b) 参数预设时，人为将预应力筋的理论伸长值参数设置为试验用实际参数的 50%~80%后进行自动张拉；检验自动张拉系统是否自动诊断故障并提示伸长量超过设定范围值。

7.6 控制软件性能测试

控制软件的可靠性试验应按GB/T 25000.51进行测试。

8 检验和校准

8.1 设备进场首次使用前，应委托具有相应资质的检测机构依据本文件进行检验，检验合格方可使用。

8.2 力传感器、位移传感器符合以下条件之一者，应重新检定/校准：

- a) 检定/校准时间达到 12 个月；
- b) 张拉超过 3000 次；

- c) 出现异常情况时；
 - d) 检修或更换配件时；
 - e) 其它影响力传感器或位移传感器精度的情况。
-

地方标准信息服务平台