

ICS 93.080
CCS P 66

DB 13

河 北 省 地 方 标 准

DB 13/T 6174—2025

公路桥梁预应力智能张拉技术规程

2025-08-11 发布

2025-09-11 实施

河北省市场监督管理局 发布

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。

本文件由河北省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：石家庄市高速公路集团有限公司、河北交规院瑞志交通技术咨询有限公司、石家庄铁道大学、中建路桥集团有限公司、河北雄安京冀质量检测服务有限公司、中交路桥建设有限公司、河北曲港高速公路开发有限公司。

本文件主要起草人：宋晓业、冯丽霞、郭晓华、杨旭光、张志国、侯永生、张月、丛源、马磊霞、齐昊淼、王永亮、范跃涛、吴银利、刘志强、刘路海、王凯、程咏春、郝晨阳、冯晓丽、高伟杰、吕军军、于江罗、韩雨生、黄婧、张岩、陈耀辉、赵帅磊、王毅、赵伟、封明聪、田者野、刘兵伟、董泽伟、徐建声、王心怡、张卫民。

公路桥梁预应力智能张拉技术规程

1 范围

本文件规定了公路桥梁预应力智能张拉一般规定、技术要求、系统组成、准备工作、张拉过程与控制。

本文件适用于公路桥梁后张法预应力施工。

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 7251.1 低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则
- GB 16796 安全防范报警设备、安全要求和试验方法
- GB/T 18806 电阻应变式压力传感器总规范
- GB 50171 电气装置安装盘、柜及二次回路接线施工及验收规范
- JG/T 319 预应力用电动油泵
- JG/T 321 预应力用液压千斤顶
- JJF 1305 线位移传感器校准规范
- JJG 391 力传感器
- JJG 455 工作测力仪
- JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准
- 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 智能张拉系统 *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数控张拉系统。

3.2 张拉控制应力 *tensioning control stress*

张拉控制的预应力筋锚下最大应力值。

3.3 锚固损失 *anchorage loss*

放张锚固后，因预应力筋回缩和锚具、梁体压缩变形引起的预应力损失。

3.4 张拉应力 *value of tension control*

设计锚下有效预应力值与锚固损失应力值之和。

3.5 锚下有效预应力 *effective prestress under anchor*

预应力筋张拉锚固后，实际张拉控制应力扣除相应损失后，预应力筋锚下留存的应力。

4 一般规定

4.1 智能张拉系统主要部件应集成一体，设备应具有清晰的产品永久标牌，内容应包括：

- a) 产品名称、型号；

- b) 主机、辅机识别标志, 油口的进油、出油标志;
 - c) 张拉力值精度、伸长值精度、额定输入电压等主要技术参数;
 - d) 厂商名称和商标;
 - e) 出厂日期。
- 4.2 智能张拉系统中千斤顶、压力传感器、位移传感器、PLC、工业电脑等主要部件应提供出厂质量检验证明。
- 4.3 智能张拉系统施加预应力及锚固等应符合 JTG/T 3650 规定; 张拉质量应符合 JTG F80/1 的相关规定。
- 4.4 智能张拉系统配套校验合格, 并且在规定使用期限内。
- 4.5 生产初期, 预应力张拉前应对锚口和孔道摩阻损失进行测定, 根据实测摩阻系数计算理论伸长值。
- 4.6 预应力张拉施工前混凝土强度、弹性模量和浇筑龄期均应符合设计要求及 JTG/T 3650 的规定。
- 4.7 梁体混凝土养护期间, 应防止雨水、养护水进入预应力孔道, 且严禁用水冲洗孔道。
- 4.8 应对预应力筋进行编号、编束后整束穿入孔道, 每根预应力筋两端的编号应一致, 并与工作锚锚孔编号相对应。
- 4.9 对自锚型夹片锚具, 锚具厂家应给出钢绞线直径在 15.00mm~15.60mm 之间每增加 0.1mm 时限位板的槽口深度, 张拉时应使用与钢绞线实测直径相匹配的限位板。
- 4.10 夹片式锚具的限位板和工具锚宜采用与工作锚同一生产厂家的配套产品, 且严禁将工作锚和工具锚互相替代使用。
- 4.11 预应力张拉时, 千斤顶与预应力筋、锚具的中心线应位于同一轴线上。
- 4.12 从开始张拉至孔道压浆完毕, 不得敲击锚具、钢绞线和碰撞张拉设备。张拉过程中发现张拉设备运转声音异常, 应立即停机检查维修。
- 4.13 运输中应避免遭受机械损伤。
- 4.14 存放时应置于干燥通风的室内, 并加防尘罩, 严禁在露天潮湿环境长期存放。

5 技术要求

5.1 功能要求

- 5.1.1 智能张拉系统应能自动控制张拉、锚固、退顶全过程作业。
- 5.1.2 具备自动调控张拉力和测量伸长值功能, 可实现预应力筋两端对称同步张拉。
- 5.1.3 具备数据自动采集、存储、保护、处理、生成报表及上传的功能, 并自动形成张拉力与伸长量、张拉力与时间、伸长量与时间关系曲线。
- 5.1.4 具备传感器张拉力和液压传感器计算张拉力互相校核功能, 当二者相差 3%以上时自动停止张拉并报警。
- 5.1.5 具备张拉力与伸长值动态校核及预警功能, 当实测伸长值与理论伸长值超过规定偏差时自动停止张拉并报警。
- 5.1.6 可自动测量计算力筋锚固回缩量。
- 5.1.7 具备断电恢复功能, 断电时应能自动保存张拉数据, 恢复供电后应能继续完成后续张拉工作。
- 5.1.8 具备自校核程序和故障自诊断功能, 张拉过程中应能自动分析、自动校核、判断设备是否出现偏差和故障。
- 5.1.9 应具备油温控制功能。
- 5.1.10 具有安全保护装置, 在张拉过程中当施工力值超过设定力值或设备压力高于额定压力时, 能自动停机并报警。
- 5.1.11 宜具备自走行和防雨、防尘能力。

5.2 性能要求

- 5.2.1 压力传感器、位移传感器可拆卸和多点式曲线标定。
- 5.2.2 压力传感器应符合 JJG 391 和 JJG 455 的规定, 示值精度应不大于 0.5%, 额定荷载宜为最大张拉控制力的 2 倍, 且不得小于 1.2 倍。
- 5.2.3 位移传感器应符合 JJF 1305 的规定, 示值精度应不大于 0.1%F. S., 额定量程应不小于单次

张拉最大伸长值的 1.2 倍。

5.2.4 液压传感器应符合 GB/T18806 的规定，示值精度应不大于 0.5%，额定油压应不小于 60MPa。

5.2.5 智能张拉系统应具有连续工作稳定性，系统精度应符合表 1 的规定。

表1 智能张拉系统精度要求

项目	单位	精度要求
张拉力值	%	≤0.5
持荷期间张拉力波动范围	%	≤2.0
张拉伸长值	mm	在±0.2 以内
时间	s	≤1

5.2.6 千斤顶应符合 JG/T 321 的规定，千斤顶的额定张拉力宜为最大张拉控制力的 1.5 倍，且不得小于 1.2 倍。

5.2.7 电动油泵应符合 JG/T 319 的规定，液压动力的额定压力应不小于 60MPa。

5.2.8 电气控制柜制作应符合 GB 50171 的规定，电器元件应符合 GB 7251.1 的规定。

5.2.9 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 GB16796 的规定。

5.2.10 系统应能在-5℃~55℃范围内正常工作，温度传感器误差应在±1℃以内。

5.2.11 智能张拉系统应兼容无线网络，支持数据无线传输。

5.2.12 张拉过程中，数据采集频率≥5Hz。

6 系统组成

6.1 公路桥梁后张法预应力施工应使用智能张拉系统，应包括数控张拉子系统、数据管理子系统和辅助控制子系统。

6.2 数控张拉子系统由张拉千斤顶、高压油泵、压力传感器、位移传感器、液压传感器等设备及张拉控制软件组成，可实现对张拉过程的自动控制。

6.3 数据管理子系统由数据存储处理模块、图形显示模块和无线传输模块组成，可实现对数据的自动采集、存储、处理分析、导出及网络上传和数据保护等。

6.4 辅助控制子系统由断电恢复模块、油温控制装置、回顶保护装置、故障自诊断模块等组成，可实现对张拉过程的诊断、安全防护与预警。

7 张拉过程与控制

7.1 准备工作

7.1.1 智能张拉系统就位后，连接千斤顶油管，接油表，连接数据线，接通电源等。

7.1.2 智能张拉系统使用前，应进行外观、状态检查，并按设计要求进行参数设置及试运行。具体要求为：

- a) 外观检查内容包括：设备破损、锈蚀、漏油情况；
- b) 状态检查内容包括：设备安装、电源电压、通讯接口连接、无线通讯状态、待机时程序状态、油管和电缆的顺直状态等；
- c) 参数设置内容包括：梁型、实测弹性模量、实测孔道摩阻系数、张拉形式（单束双端、双束双端、双束单端等）、张拉顺序、设计张拉力、理论伸长值、分级张拉及持荷时间、单顶最大位移、单端最大回缩量、顶工作长度伸长量等；
- d) 应对高压油泵、千斤顶进行空载试运行，无异常情况方可正式使用。高压油管使用前应作耐压试验，不合格的不能使用。

7.2 预应力筋的制作与安装

7.2.1 预应力筋的制作应在专业预应力筋加工厂或现场工作台上进行。预应力筋中的钢丝不得有接头或死弯。

7.2.2 预应力筋根据计算下料长度用切断机或砂轮锯切断，严禁采用电弧切割或气割，切割前宜用胶带将切割部位缠紧，防止切割时“炸头”。

7.2.3 制作完毕、经检验合格的预应力筋应按编号整齐平顺地存放在距地面 200mm 以上的支架或垫木上，不得叠压存放。支架间距宜控制在 1.0m~1.5m 之间，并应进行临时防护。预应力筋存放处应干燥、通风，不得接触有腐蚀性的物质。

7.2.4 预应力钢绞线应预先编束后整束穿入孔道。编束时，应将钢绞线逐根理顺，防止缠绕，并应每隔 1m~1.5m 缠绑一次，使其绑扎牢固、顺直。钢绞线束前端应安装保护套，防止穿束时划破波纹管。

7.2.5 穿束前检查锚垫板和孔道，保证锚垫板位置准确，孔道内畅通，无积水和杂物。

7.2.6 钢束外伸部分要保持干净，不得有油污、泥沙等杂物，施工人员不得随意踩踏。

7.2.7 预应力筋安装完毕后应调整两端长度，使之满足张拉操作需要，对预应力筋外露部分应进行临时防护。

7.3 锚具、夹具和千斤顶安装

7.3.1 工作锚应安装在锚板止口内密贴，并与预应力孔道对中。

7.3.2 工作锚（工具锚）孔中装入夹片时，可用铁管穿入钢绞线向前轻轻将夹片顶齐，夹片间隙应均匀，外露量应一致。

7.3.3 安装完工作夹片后在钢绞线表面应做好记号，以便检查张拉后是否有滑丝现象。

7.3.4 限位板槽口深度应与钢绞线实测直径、工作锚相匹配，安装时应将槽口向内，且使限位板与工作锚中心对齐。

7.3.5 安装千斤顶时，应保证千斤顶、工作锚、锚板三者同心，且与锚板垂直。

7.3.6 安装千斤顶时不应推拉油管及接头，应保持油管顺直；移动千斤顶时不应拉扯张拉设备与千斤顶连接的数据线。

7.3.7 安装工具锚时，工具锚与工作锚的锚孔要同心，应使孔位排列一致，工具锚与工作锚之间的钢绞线不能出现错孔交叉。

7.3.8 工具锚夹片应与工作锚夹片分开放置，发现夹片破损，应及时更换以防张拉中滑丝、断丝、飞片。

7.4 预应力张拉施工

7.4.1 预应力筋宜分批、对称、分级两端对称同步张拉，同一断面上多束预应力筋的张拉顺序应符合设计要求。

7.4.2 在智能张拉系统主机端选择梁型、梁号、孔号，检查 100%张拉应力与设计值一致后，启动自动张拉程序，自动完成初应力（宜为 10%或 20%张拉应力）、二倍初应力或二级张拉应力、100%张拉应力、锚固、退缸整个过程。张拉施工过程如下。

- 启动智能张拉系统后，加载到初应力持荷，持荷时间应不少于 5min。当应力稳定后持荷结束前自动记录千斤顶油缸位移，测量并记录工具夹片外露量；
- 初应力持荷结束后，系统自动控制升压速度，平稳升压，自动平衡同一束预应力钢绞线两端张拉力及油缸位移。当接近二倍初应力或设定的二级张拉应力时，自动减缓升压速度，精确控制达到控制张拉应力目标值，持荷时间不少于 5min，同时自动记录油缸位移，测量并记录工具夹片外露量；
- 二级张拉应力持荷结束后，系统自动控制油泵继续张拉，控制升压速度，平稳升压，当接近 100%张拉应力时自动减缓升压速度，精确控制达到 100%张拉应力后，静停持荷不少于 5min，同时自动记录油缸位移，测量并记录工具夹片外露量。持荷结束后，控制缓释系统自动缓慢卸荷锚固；
- 锚固时，应匀速回顶，锚固时间宜在 20s~30s 之间。锚固结束后系统自动控制千斤顶回顶，卸除工具锚及千斤顶，测量并记录工作锚夹片的外露量，并在距离夹片端头 2~3cm 处的钢绞线上用石笔划出标记，观察 24h 再次测量，以判断是否存在滑丝断丝情况；
- 锚固完成，张拉系统自动保存张拉数据和张拉过程曲线，且可以自动将张拉结果上传至远程管理平台，供远程查看张拉数据。张拉工作结束后系统自动生成张拉数据记录表，见附录 A。

7.4.3 张拉锚固后夹片顶面应齐平，其相互间的错位不大于 2mm，夹片外露应在 2mm~3mm 之间。

7.4.4 智能张拉系统应能进行单步张拉控制，启动单步张拉后可在每步张拉完成后自动停止，以方

便手工测量千斤顶油缸位移，进行伸长量验证。

7.4.5 预应力筋张拉速率应控制在张拉应力的 10%~15%/min，对于长度大于 50m 的弯束或长束，张拉速率宜取张拉应力的 10%/min，并匀速加压，为确保多点张拉的同步性，可增加停顿点。

7.4.6 张拉施工过程屏幕动态显示伸长量误差，当张拉力达到或尚未达到 100%张拉应力，而实测伸长量与理论伸长量相对误差超过规定偏差时，系统将自动停止张拉，并自动预警提示“伸长量误差超差”，应查明原因，采取措施后方可继续张拉。

7.4.7 预应力张拉过程中出现滑丝、断丝、夹片破裂、锚板变位破裂、千斤顶漏油等问题时应停止张拉，待查明原因并采取有效措施纠正问题后，方可继续张拉。

7.4.8 预应力筋张拉完成后，在 48 h 内检查锚具、夹片、滑断丝、锚后混凝土及锚板状况，其中断丝及滑丝的数量不应超过表 2 规定值。

表2 预应力筋断丝和滑丝限制数量

类别	检查项目	控制数
钢丝束 钢绞线束	每束钢丝断丝或滑丝(根)	1
	每束钢丝断丝或滑丝(丝)	1
	每个断面断丝之和不大于该断面钢丝总数的百分比(%)	1
钢绞线断丝数系指单根钢绞线内钢丝的断丝。		

7.4.9 预应力筋锚固后需要放松时，对夹片式锚具宜采用专门的放松装置松开，对支撑式锚具可采用张拉设备缓慢地松开。不应在预应力筋存在拉力状态下直接将锚具卸去。对于需再次锚固的预应力筋，有夹痕的部分不得进入夹片内。

7.4.10 张拉锚固后应观测梁体预拱度，应在设计及规定范围内。

7.5 预应力筋切除与封锚

7.5.1 预应力张拉锚固完成合格后，应在 48 h 内切除端头多余预应力筋。切割时应采用砂轮锯或无齿锯，且不得损伤锚具。

7.5.2 切割后预应力筋的外露长度不宜小于预应力筋直径的 1.5 倍，且不应小于 30 mm。

7.5.3 压浆完成后进行封锚混凝土施工，应平整密实无裂纹，预应力筋端头保护层厚度应不小于设计要求或应不小于 50 mm。

7.6 锚下有效预应力检验

7.6.1 预制梁应在张拉锚固 24h 后进行锚下预应力检测，分批抽检数量不少于构件总数的 1%，且不少于 3 个预应力构件；现浇构件按孔道数的 10%，且不少于 3 个孔道。

7.6.2 锚下预应力宜采用冲击波法或反拉法进行检测。

7.6.3 锚下有效预应力和设计张拉控制应力两者的相对偏差不大于±5%，且同一断面中的预应力束其有效预应力的不均匀度应在±2%以内。

7.7 张拉系统的标定与使用

7.7.1 张拉系统的压力传感器、位移传感器、液压千斤顶、数控电动液压泵应与主、辅机控制系统进行整体配套标定，标定周期不应超过 6 个月，或张拉次数超过 300 次。压力传感器应按相关国家标准的规定每年送检一次。

7.7.2 在标定有效期内，施工单位可参考压力传感器、位移传感器的检定方法进行期间核查，以确认其标定状态的有效性，期间核查的周期一般为每月 1 次。压力传感器可采用同精度测力仪校核，位移传感器可采用百分表校核。

7.7.3 数控系统、数控油泵应特别注意核对标定或校准报告，与标定报告编号一致的千斤顶配套使用，严禁混用。

附录 A
(资料性)
预应力智能张拉施工记录

预应力智能张拉施工记录表样式见图A.1。

建设项目 (合同段)						分部工程					
施工单位						分项工程 及编号					
构件编号 千斤顶编号		钢束种类 油压表编号		钢束规格 锚具名称		钢筋弹模 E (MPa)					
限位块槽 深 (mm)		设计控制 应力		张拉时砼强度 (MPa)、 龄期 (d)		张拉日期					
序 号	记录 数据 项目	钢束编号									
		钢束长度 (m)									
1		设计张拉力 (kN)									
1'		张拉端									
2		初应力			油表读数 (MPa)						
2'		张拉力 (kN)									
3		尺读数 (mm)									
3'											
4		油表读数 (MPa)									
4'		张拉力 (kN)									
5		尺读数 (mm)									
5'		终应力			油表读数 (MPa)						
6		张拉力 (kN)									
6'		尺读数 (mm)									
7		工具夹片 位移量 (mm)		初应力时夹片外露量							
8		终应力时夹片外露量									
9		位移量 (序 7-8)									
10		千斤顶段钢束理论延伸量 (mm)									
11		张拉束实际延伸量 (序 5'-1'+2'-1'-9-11) (mm)									
12		延伸量偏差 [序 (12-10)/10] (%)									
13		油压表回“0”时尺读数 (mm)									
14		回缩量 (序 5'-14-11) (mm)									
15											
16		工作夹片外露量 (mm)									
17		断丝滑丝及处理		张拉部位及直弯束示意图:							

施工技术负责人:

施工人员:

监理工程师:

说明: (1) “钢束长度”不包括工作长度; (2)理论延伸量是指构件两端工作锚之间,设计弹性模量作了修正后的钢束延伸量; (3)张拉束实际延伸量为两端延伸量之和; (4)由于行程不够,需导顶时,序3序4分别记录表某一同级荷载的末、初读数,此时序12=(序5'-4'+3'-1'+2'-1'-9-11)。

图A.1 预应力智能张拉施工记录表