

DB12

天 津 市 地 方 标 准

DB12/T 948—2020

公路桥梁预应力自动张拉系统技术要求

Technical requirements for highway bridge prestress automatic tensioning system

2020 - 06 - 29 发布

2020 - 08 - 01 实施

天津市市场监督管理委员会

发布

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由天津市交通运输委员会提出并归口。

本标准起草单位：天津市公路事业发展服务中心、天津市交通运输综合行政执法总队、天津市公路工程总公司、中交一公局集团有限公司、中交一公局第六工程有限公司、河北高达预应力科技有限公司、中铁二十局集团第二工程有限公司、中铁一局集团有限公司、中铁十一局集团第一工程有限公司、山东恒建工程监理咨询有限公司。

本标准主要起草人：刘新杰、马洪福、王永成、张亮、张建东、陈明、殷明文、袁继强、李清华、陈耀华、郭瑞、王寅、纪姗、崔红娜、李云芳、王金玲、董长松、李紫硕、许石磊、李伟、杨春英、朱蕊、徐鸿喆、陈建明、孙妍、王峥、高坤、朱秋硕、刘博雄、刘思萌、李仙、曹书生、葛同府、贾庆山、张卫民、岳向武、陈鑫瑞、李玉玺、许永强、焦晓磊、董晓明、尹长海、尚杰、金磊、刘飞、朱士良、郭利勇、戴放军、高俊义、陶耀华、汪志银、蒋振宇、贺非、王晶、谢雄兵、于康。

公路桥梁预应力自动张拉系统技术要求

1 范围

本标准规定了公路桥梁预应力自动张拉的施工要求、技术要求、检验方法、检验规则。

本标准适用于天津市公路桥梁后张法预应力自动张拉的过程控制，先张法预应力自动张拉可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 3766 液压系统通用技术条件
- GB 7251.1 低压成套开关设备和控制设备 第1部分：总则
- GB/T 7935 液压元件通用技术条件
- GB 16796 安全防范报警设备、安全要求和试验方法
- GB/T 18806-2002 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 1305-2011 线位移传感器校准规范
- JJG 391-2009 力传感器
- JJG 455-2000 工作测力仪
- JTG/T F50 公路桥涵施工技术规范
- DB12/T 934-2020 公路工程资料管理技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

预应力自动张拉系统 prestress automatic tensioning system

由泵站、千斤顶、电气系统、控制系统、数据采集系统和人机交互系统组成，具有自动控制张拉过程、自动计算张拉结果、自动数据存储及传输等功能的一体化设备。

3.2

张拉力示值误差 tensile force indication error

自动张拉系统张拉力示值与标定系统标准力值的差值的百分比。

3.3

张拉力控制误差 tension control error

自动张拉系统张拉力示值与预设目标值的差值的百分比。

3.4

张拉力波动范围 range of tension fluctuation

自动张拉系统持荷期间最大张拉力和最小张拉力之差与100%设计张拉力的百分比。

4 施工要求

- 4.1 生产初期, 预应力张拉前应对锚圈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。
- 4.2 梁体混凝土养护期间, 应防止雨水、养护水进入预应力孔道。
- 4.3 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。
- 4.4 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。
- 4.5 应使用与钢绞线实测直径相匹配的限位板。
- 4.6 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。

5 系统要求

5.1 一般要求

- 5.1.1 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。
- 5.1.2 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。
- 5.1.3 力传感器的额定荷载宜为最大张拉控制力的 2 倍, 且不得小于 1.2 倍。
- 5.1.4 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。
- 5.1.5 液压传感器的额定油压不应小于 60MPa。
- 5.1.6 自动生成的张拉结果记录表应符合 DB12/T 934-2020 的要求, 格式见附录 A。

5.2 功能要求

- 5.2.1 设备主要部件应集成一体, 能自动控制张拉、锚固、退顶全过程作业, 并符合 JTG/T F50-2011 的相关规定。
- 5.2.2 具备自动调控张拉力和测量伸长值功能, 实现预应力筋两端对称同步张拉。
- 5.2.3 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—伸长量、张拉力—时间、伸长量—时间曲线。
- 5.2.4 具备张拉力和液压传感器互相校核功能, 当张拉力和液压计算张拉力相差 3%以上时自动停止张拉并报警, 防止因力传感器故障造成张拉质量事故。
- 5.2.5 具备动态伸长值预报警功能, 当张拉力与伸长值校核超过设计伸长值 15%以上时自动停止张拉并报警。
- 5.2.6 具备断电恢复、油温控制和故障自诊断功能。

5.3 性能要求

- 5.3.1 力传感器应符合 JJG 391-2009 和 JJG 455-2000 的规定, 示值精度应小于或等于 0.5%。
- 5.3.2 位移传感器应符合 JJF 1305-2011 的规定, 示值精度应小于或等于 0.1%F.S.。
- 5.3.3 液压传感器应符合 GB/T 18806-2002 的规定, 示值精度应小于或等于 0.5%。
- 5.3.4 自动张拉系统的张拉力控制误差应小于或等于 1.0%。
- 5.3.5 自动张拉系统在持荷期间的张拉力波动范围应小于或等于 2.0%。
- 5.3.6 液压元件应符合 GB/T 3766 和 GB/T 7935 的规定, 电动油泵应符合 JG/T 319 的规定。
- 5.3.7 液压动力的额定压力应不小于 60MPa。

- 5.3.8 千斤顶应符合 JG/T 321 的规定，液压油应符合 JG/T 319 的规定。
- 5.3.9 电气控制柜制作应符合 GB 50171 的规定。
- 5.3.10 电器元件应符合 GB 7251.1 的规定。
- 5.3.11 自动张拉系统应能在 $-5^{\circ}\text{C}\sim 55^{\circ}\text{C}$ 范围内正常工作。

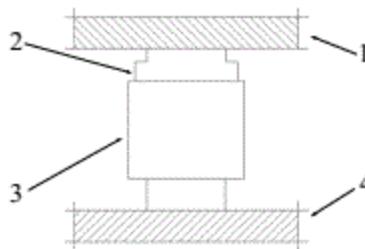
6 检验方法

6.1 一般要求检验

- 6.1.1 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）等主要部件应提供出厂质量检验合格证书。
- 6.1.2 检验时应按不小于千斤顶额定吨位力值的 0.8 倍确定所需安装的预应力筋根数。
- 6.1.3 检验用预应力筋的有效受力长度应不小于 3m。

6.2 张拉力示值误差检验

检验用的预应力自动张拉系统组装件应按图1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。



1—试验机；2—力传感器；3—千斤顶；4—试验机

图1 张拉力示值误差检验工装示意图

加载前，将千斤顶出缸量调至 $80\text{mm}\sim 120\text{mm}$ ，将张拉系统的测力指示装置调至零点。按张拉系统满量程的20%、40%、60%、80%、100%逐级进行加载，分别为1、2、3、4、5级，加载3个循环。每级加载到位静停10s后，同时刻分别读取试验机和张拉系统的力值。

张拉力示值误差取各级测点力值精度的最大值，表示为 δ_z ，见公式1、公式2。

$$\delta_z(\%) = [\delta_{zi}]_{\max} \dots\dots\dots (1)$$

$$\delta_{zi} = \frac{X_i - F_i}{F_i} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

δ_{zi} ——第*i*加载级的力值精度， $i=1, 2, 3, 4, 5$ ；

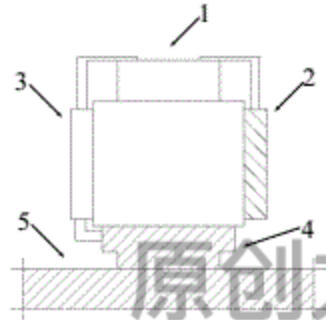
X_i ——自动张拉系统第*i*加载级的张拉力示值，单位为千牛（kN）；

F_i ——试验机第*i*加载级的力值，单位为千牛（kN）。

张拉力示值误差检验记录表见附录B。

6.3 位移传感器示值精度检验

检验用的预应力自动张拉系统组装件应按图2进行安装。安装在千斤顶侧面的位移测量仪应平行于千斤顶的轴向，千斤顶无外荷载作用。



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2 伸长值精度检验工装示意图

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个循环。每级到位静停10s后，按顺序分别读取该10个测量点位移测量仪的位移值和张拉系统位移传感器的伸长值示值 Y_i 。

伸长值精度取各级测点位移值偏差的最大值，表示为 δ_x ，见公式3、公式4。

$$\delta_x = [\delta_{si}]_{\max} \dots \dots \dots (3)$$

$$\delta_{si} = \frac{Y_i - L_i}{L_f} \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

式中：

δ_{si} ——第*i*测量点的示值偏差， $i=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$ ；

Y_i ——第*i*个测量点自动张拉系统伸长值，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）；

L_f ——位移传感器量程，单位为毫米（mm）。

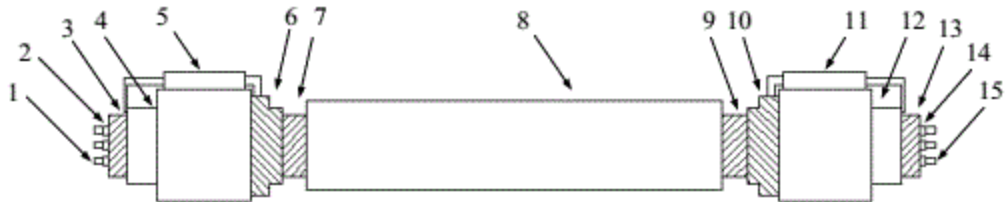
伸长值精度检验记录表见附录C。

6.4 张拉力控制误差和张拉力波动范围检验

6.4.1 检验工装

6.4.1.1 张拉力控制误差检验应在钢制模拟梁或实际预制梁上进行。

6.4.1.2 组装件按图3的装置进行安装。



1、15—钢绞线；2、14—工具夹具；3、13—工具锚；4、12—千斤顶；5、11—位移传感器；6、10—力传感器；
7、9—工装配件；8—钢制模拟梁

图3 张拉力控制误差和张拉力波动范围检验工装示意图

6.4.1.3 钢绞线数量应按张拉力不小于千斤顶额定吨位力值的0.8倍选定。

6.4.1.4 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。

6.4.1.5 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。

6.4.2 检验荷载

预设目标值为力传感器额定荷载的0.75倍，按预设目标值20%、40%、100%分3级逐级加载，加载3个循环。其中，前2级加载到位后持荷30s，第3级加载到位后持荷5分钟。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100%持荷期间张拉力的最大值和最小值。重复试验3次。

6.4.3 检验计算

张拉力控制误差表示张拉系统对输出张拉力的控制准确程度，为持荷过程中张拉力示值与目标值偏差的最大值，表示为 δ_c ，见公式5、公式6。

$$\delta_c(\%) = [\delta_{ci}]_{\max} \dots\dots\dots (5)$$

$$\delta_{ci} = \frac{X_i - P_i}{P_i} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

式中：

δ_{ci} ——第*i*测量点的张拉力控制误差， $i=1, 2, 3$ ；

X_i ——第*i*测量点，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）。

张拉力波动范围表示张拉系统张拉力的稳定性，为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，表示为 δ_{bi} ，见公式7、公式8。

$$\delta_b(\%) = [\delta_{bi}]_{\max} \dots\dots\dots (7)$$

$$\delta_{bi} = \frac{F_{i\max} - F_{i\min}}{F_{100\%}} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

式中：

δ_{bi} ——第*i*测量点的张拉力波动范围，*i*=1, 2, 3；

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

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

张拉力控制误差和张拉力波动范围检验记录表见附录D。

6.5 功能检验

6.5.1 自动控制检验

6.5.1.1 宜在张拉力控制误差检验完毕后进行，检验设备与工装同图3。

6.5.1.2 按设定的张拉控制程序进行自动张拉，张拉控制力为千斤顶额定吨位力值的0.8倍。观测检查张拉系统是否具备张拉、持荷、锚固和退顶全过程自动控制操作的能力。

6.5.2 断电恢复检验

自动张拉过程中，张拉力到达控制力目标值的50%时，人为断开工作电源，间隔2分钟后恢复工作电源。检验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目标值。

6.5.3 荷载复核检验

自动张拉过程中，液压传感器测量出间接张拉力、力传感器测量出直接张拉力，检验自动张拉系统是否实时分析间接张拉力与直接张拉力的关系。

6.5.4 故障自诊断检验

自动张拉系统的故障自诊断检验包括以下两项内容：

- a) 自动张拉过程中，人为断开、接通数据通讯线，检验张拉系统是否自动诊断故障并提示。
- b) 参数预设时，人为将理论伸长量分别设置为实际伸长量的120%~150%之间；检验张拉系统是否自动诊断故障并提示。

7 检验规则

7.1 设备进场首次使用前，对一般项目要求和系统功能要求进行检查验收，性能要求应委托具有相应资质的检测机构依据本标准进行检验，检验合格方可使用。

7.2 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/校准时间超过检定周期；
- b) 出现异常情况时；
- c) 检修或更换配件时。

附录 A
(规范性附录)
后张法预应力张拉施工记录

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		钢束种类		钢束规格		钢筋弹模 E (MPa)				
千斤顶编号		油压表编号		锚具名称		结构部位				
限位块槽 深 (mm)		设计控制 应力		张拉时龄强度 (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)								
		设计张拉力 (kN)								
		张拉端								
1	初应力	油表读数 (MPa)								
1'		张拉力 (kN)								
2	两倍初应力	油表读数 (MPa)								
2'		张拉力 (kN)								
3		油表读数 (MPa)								
3'		张拉力 (kN)								
4		油表读数 (MPa)								
4'		张拉力 (kN)								
5	终应力	油表读数 (MPa)								
5'		张拉力 (kN)								
6		油表读数 (MPa)								
6'		张拉力 (kN)								
7	工具夹片	初应力时夹片外露量								
8	位移量	终应力时夹片外露量								
9	(mm)	位移量(序7-8)								
10	钢束理论延伸量 (mm)									
11	千斤顶段钢束理论延伸量 (mm)									
12	张拉束实际延伸量 (序5'-1'+2'-1'-9-11) (mm)									
13	延伸量偏差 [序(12-10)/10] (%)									
14	油压表回“0”时尺读数 (mm)									
15	回缩量(序5'-14-11) (mm)									
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) “钢筋束长度” 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 后张法预应力张拉施工记录

附 录 B
(规范性附录)
张拉力示值误差检验记录

表B.1 张拉力示值误差检验记录表

循环次数	百分比	标准力值 kN	张拉力示值 kN	示值误差 %	备注
循环 1	20%				
	40%				
	60%				
	80%				
	100%				
循环 2	20%				
	40%				
	60%				
	80%				
	100%				
循环 3	20%				
	40%				
	60%				
	80%				
	100%				
张拉力示值误差 (max)					
注：计算公式 $\delta_z(\%) = [\delta_{zi}]_{\max}$ 、 $\delta_{zi} = \frac{X_i - F_i}{F_i} \times 100\%$					

附 录 C
(规范性附录)
位移传感器示值精度检验记录表

表C.1 位移传感器示值精度检验记录表

循环次数	百分比	标准位移测量仪位移值 mm	自动张拉系统伸长值 mm	示值精度	备注
循环 1	20%				
	40%				
	60%				
	80%				
	100%				
	80%				
	60%				
	40%				
	20%				
循环 2	0				
	20%				
	40%				
	60%				
	80%				
	100%				
	80%				
	60%				
	40%				
循环 3	20%				
	40%				
	60%				
	80%				
	100%				
	80%				
	60%				
	40%				
	20%				
位移传感器示值精度 (max)					
注: 计算公式 $\delta_s = [\delta_{si}]_{\max}$ 、 $\delta_{si} = \frac{Y_i - L_i}{L_T} \times 100\%$					

附录 D

(规范性附录)

张拉力控制误差和张拉力波动范围检验记录表

表D.1 张拉力控制误差和张拉力波动范围检验记录表

循环次数	百分比	预设目标值 (kN)	张拉力示值 (kN)	控制误差 (%)	备注
循环 1	10%				
	20%				
	100%				
	F_{\max}				
	F_{\min}				
循环 2	10%				
	20%				
	100%				
	F_{\max}				
	F_{\min}				
循环 3	10%				
	20%				
	100%				
	F_{\max}				
	F_{\min}				
张拉力控制误差 (max)					
张拉力波动范围 (max)					
注1: F_{\max} 为100%持荷期间最大张拉力, F_{\min} 为为100%持荷期间最小张拉力;					
注2: 计算公式 $\delta_c(\%) = [\delta_{ci}]_{\max}$ 、 $\delta_{ci} = \frac{X_i - P_i}{P_i} \times 100\%$ 、 $\delta_b(\%) = [\delta_{bi}]_{\max}$ 、 $\delta_{bi} = \frac{F_{i\max} - F_{i\min}}{F_{100\%}} \times 100\%$					