

Q/CR

中 国 铁 路 总 公 司 企 业 标 准

Q/CR 586-2017

**铁路预应力混凝土桥梁
自动张拉系统**

Automatic tensioning system of railway prestressing concrete bridge

2017-08-03 发布

2017-11-01 实施

中国铁路总公司

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 组成.....	2
5 型号.....	2
6 技术要求.....	3
7 使用和维护.....	4
8 检验方法.....	5
9 检验规则.....	5
10 标志、包装、运输和储存	6
附录 A （规范性附录） 自动张拉结果记录.....	8
附录 B （规范性附录） 张拉力值和伸长值精度检验方法.....	9
附录 C （规范性附录） 张拉力值偏差检验方法.....	11
附录 D （规范性附录） 功能检验方法.....	12
附录 E （规范性附录） 连续工作稳定性检验方法.....	13

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本标准由中国铁道科学研究院铁道建筑研究所提出并归口。

本标准起草单位：中国铁道科学研究院铁道建筑研究所、北京铁锋建筑工程技术开发公司。

本标准主要起草人：马林、肖祥淋、苏永华、牛斌、石龙、刘吉元、王乐然、李学斌

本标准版权归中国铁路总公司所有，任何单位和个人未经许可不得复制和转让。

铁路预应力混凝土桥梁自动张拉系统

1 范围

本标准规定了铁路预应力混凝土桥梁自动张拉系统的术语和定义、组成、型号、技术要求、使用和维护、检验方法、检验规则、标志、包装、运输和储存。

本标准适用于铁路后张法预应力混凝土预制桥梁自动张拉系统（以下简称自动张拉系统）的制造、检验、使用与维护，其他预应力混凝土桥梁可参照执行。

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 液压传动 系统及其元件的通用规则和安全要求
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 安全防范报警装置 安全要求和试验方法
GBT 18806-2002 电阻应变式压力传感器总规范
GB 50171 电气装置安装盘、柜及二次回路结线施工及验收规范
JB/T5000.13 重型机械通用技术条件
JG/T 319 预应力用电动油泵
JG/T 321 预应力用液压千斤顶
JG/T 5012 建筑机械与设备 包装件通用技术条件
JJG 391-2009 力传感器
JJG 455-2000 工作测力仪
JJF 1305-2011 线位移传感器校准规范
CECS 49 低压成套开关设备验收规程

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

基于机械、计算机、自动控制及互联网等技术，能够进行预应力张拉自动化控制和张拉数据传输的混凝土桥梁预应力张拉施工设备集成。

3.2

张拉力值精度 tension value precision

自动张拉系统张拉力示值与标定系统标准力值的偏差的百分比。

3.3

张拉力值偏差 tension value deviation

自动张拉系统张拉力示值与预设目标值的偏差的百分比。

4 组成

自动张拉系统由动力子系统、传感子系统、控制子系统、数据子系统和辅助子系统组成，见图1。

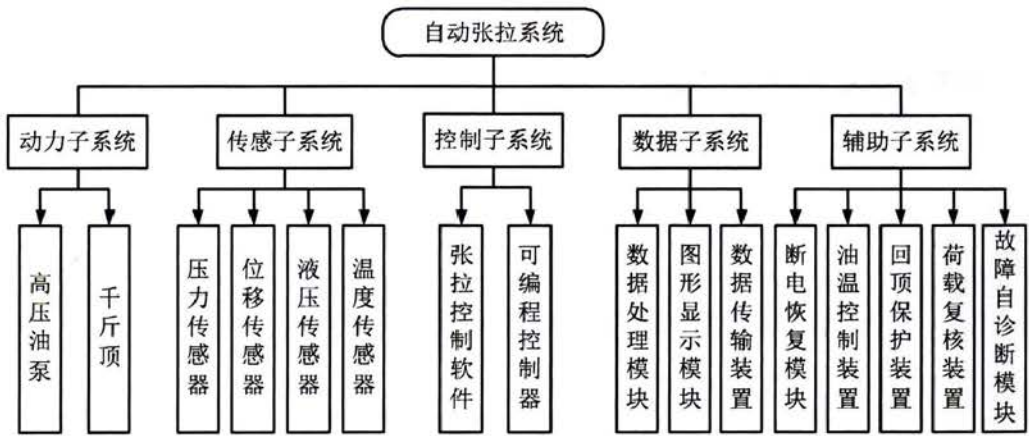
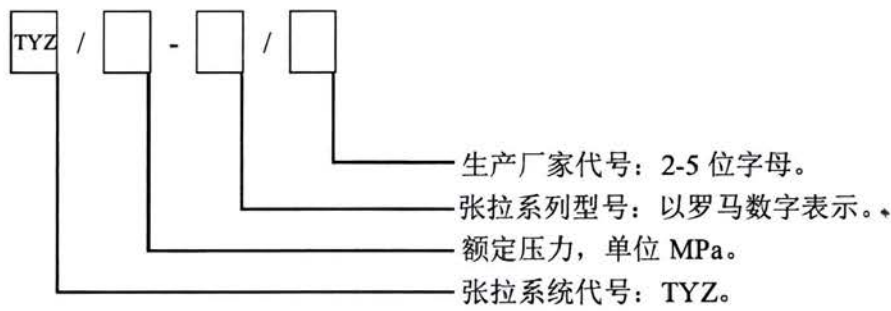


图1 自动张拉系统组成

5 型号

自动张拉系统的型号由系统代号、额定压力、张拉系列型号、生产厂家代号组成。



示例：“TYZ / 60-I / XXXXX”表示某厂家（代号：XXXXXX）生产的额定压力为60MPa的I型预应力自动张拉系统。

6 技术要求

6.1 一般要求

- 6.1.1 自动张拉系统制造应具有经规定程序批准的技术证书，并出具有资质的检测机构检测合格的产品型式检验报告、配套软件评测报告。
- 6.1.2 千斤顶的额定吨位不应小于最大张拉控制力的 1.2 倍。
- 6.1.3 压力传感器的额定荷载不应小于最大张拉力的 1.2 倍。
- 6.1.4 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。
- 6.1.5 液压传感器（辅助校核用）的额定油压不应小于 60MPa。
- 6.1.6 温度传感器的额定量程为-30℃~+60℃。
- 6.1.7 自动生成的张拉结果记录表应符合附录 A 要求。
- 6.1.8 工作环境温度为-10℃~45℃。
- 6.1.9 工作输入电压为 380（1+7%）V AC。

6.2 功能要求

- 6.2.1 预设张拉信息后，应一键启动并自动完成预应力张拉、持荷、锚固全过程。
- 6.2.2 实时采集张拉力与伸长值，显示张拉力与时间、伸长值与时间、张拉力与伸长值的关系曲线，实现伸长值的动态判断。
- 6.2.3 自动调控张拉力和伸长值，实现预应力筋两端平衡张拉，张拉过程中两端预应力筋伸长值之差应控制在 5%以内。伸长值达到计算值的 90%前，以伸长值控制两端平衡张拉；伸长值达到计算值的 90%后，自动转换成张拉力控制，直至达到设计张拉力。
- 6.2.4 自动生成并存储张拉数据且不可更改，数据可上传至铁路工程管理平台。
- 6.2.5 张拉时，张拉力加载速度不应大于 20MPa/s。张拉力达到设计荷载 20%时持荷 30s，记录工具夹片外露量；张拉力达到设计荷载 100%时持荷 120s，记录工具夹片外露量后即可回顶锚固。
- 6.2.6 锚固时，应匀速回顶，锚固时间为 20s~30s。
- 6.2.7 张拉过程中，实测伸长值与理论值的偏差超过±6%时，自动张拉系统应提示并报警，偏差超过-8%和+12%时，自动张拉系统应停止张拉。
- 6.2.8 压力传感器、位移传感器应安装在千斤顶上，并与相应的主、辅机控制系统配套标定，使用中不可互换。
- 6.2.9 自动张拉系统控制软件应可完成自动张拉，数据可上传铁路工程管理平台，数据格式符合附录 A。
- 6.2.10 具备断电恢复、油温控制、回顶保护、故障自诊断、荷载复核等辅助功能，具体如下：
 - a) 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；
 - b) 应能自动调控动力子系统的液压油温；
 - c) 锚固过程中，应能自动控制回顶油压在预设范围内；
 - d) 张拉过程中，应能自动分析、判断设备是否出现故障；
 - e) 实时校核压力传感器和液压传感器测量值之间的比值。
- 6.2.11 具备走行和防雨、防尘能力。

6.3 性能要求

- 6.3.1 传感器性能应满足以下要求：

- a) 压力传感器应符合 JJG 391-2009 和 JJG 455-2000 的规定, 示值精度应小于或等于 0.5%;
 - b) 位移传感器应符合 JJF 1305-2011 的规定, 示值精度应小于或等于 0.5%;
 - c) 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%;
 - d) 温度传感器的示值误差为 1℃。
- 6.3.2 自动张拉系统的张拉力值偏差为 $\pm 1.0\%$ 。
- 6.3.3 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 的规定并应满足以下要求:
- a) 液压动力的额定压力应大于或等于 60MPa;
 - b) 油泵额定流量应大于或等于 2L/min。
- 6.3.4 数据采集和传输应满足以下要求:
- a) 张拉过程中, 数据采集频率应大于或等于 5Hz;
 - b) 应兼容有线和无线网络;
 - c) 工业电脑性能应满足以下要求:
 - 1) CPU、内存、触摸控制器、供电模块均板载集成;
 - 2) 屏幕亮度应大于或等于 500LM。
- 6.3.5 千斤顶应符合 JG/T 321 的规定, 液压油应符合 JG/T 319 的规定。
- 6.3.6 控制子系统电气柜应符合以下要求:
- 1) 电气控制柜制作应符合 GB 50171 的规定;
 - 2) 电器元件应符合 GB 7251.1 和 CECS 49 的规定。
- 6.3.7 安全防范报警装置应符合 GB 16796 规定。
- 6.3.8 自动张拉系统应具备连续稳定工作性能。

7 使用和维护

7.1 使用

7.1.1 使用前, 应进行设备外观检查、状态检查、预设参数检查, 并试运行。

- a) 外观检查包括: 设备的破损、锈蚀、漏油情况;
- b) 状态检查包括: 设备安装、电源电压、通讯接口连接、通讯状态、待机时程序状态、油管和电缆的顺直状态;
- c) 预设参数检查包括: 预应力筋的设计张拉力、理论伸长值、实际弹性模量、实测管道摩阻系数、限位板规格、锚口和喇叭口摩阻。

7.1.2 压力传感器、位移传感器及液压传感器符合以下条件之一者, 应重新校准:

- a) 校准时间达到 6 个月时;
- b) 使用次数达到 3000 次时;
- c) 出现异常情况时;
- d) 检修或更换配件时。

7.1.3 压力传感器和位移传感器每月应自校核 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。

7.2 维护

7.2.1 搬运过程中应防止碰伤千斤顶油口、位移传感器、油管和通讯线。

- 7.2.2 千斤顶油口不接油管时，应加防尘帽。
- 7.2.3 液压油应保持清洁并定期更换。
- 7.2.4 长期闲置时，宜置于室内并加罩防尘。

8 检验方法

8.1 一般要求

- 8.1.1 千斤顶、压力传感器、液压传感器、位移传感器、温度传感器、工业可编程控制器（PLC）、工业电脑等主要部件应具有出厂质量合格证书。
- 8.1.2 按张拉力值精度和伸长值精度检验、张拉力值偏差检验、功能检验、连续工作稳定性检验的顺序依次进行。
- 8.1.3 张拉力值偏差检验、功能检验、连续工作稳定性检验用的组装件由自动张拉系统成套产品、工装配件、夹具和预应力筋组装而成。
- 8.1.4 需组装进行检验时，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。
- 8.1.5 组装件中预应力筋的受力长度不应小于 3m。

8.2 张拉力值精度和伸长值精度检验

自动张拉系统的精度检验包括张拉力值精度检验和伸长值精度检验，检验按附录B执行。

8.3 张拉力值偏差检验

自动张拉系统的张拉力值偏差检验按附录C执行。

8.4 功能检验

功能检验包括自动控制检验、断电恢复检验、故障诊断检验、数据传输检验，按附录D执行。

8.5 连续工作稳定性检验

按附录E检验自动张拉系统在重复工作条件下的测量一致性。

9 检验规则

9.1 检验分类

- 9.1.1 自动张拉系统的检验分为出厂检验和型式检验。

- 9.1.2 出厂检验为生产厂在每套产品出厂前进行的厂内产品质量控制性检验。

型式检验是对产品全面性能的检验。符合下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品试制定型时；
- b) 转厂生产时；
- c) 正式生产后，如硬件、软件、工艺有较大改变影响产品性能时；
- d) 正常生产每2年时；
- e) 产品停产1年后，恢复生产时；
- f) 生产满50套时；
- g) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时。

9.2 检验项目

出厂检验、型式检验的项目和内容应符合表1的规定。

表1 检验项目及方法

序号	检验项目	检验方法	出厂检验	型式检验
1	控制软件	查信软件评测报告	—	√
2	张拉力值精度	按 8.2	√	√
3	伸长值精度	按 8.2	√	√
4	张拉力值偏差	按 8.3	√	√
5	自动控制	按 8.4	—	√
6	断电恢复	按 8.4	—	√
7	荷载复核	按 8.4	—	√
8	故障自诊断	按 8.4	—	√
9	数据传输	按 8.4	—	√
10	连续工作稳定性	按 8.5	√	√

9.3 抽样方法

9.3.1 出厂检验

每套自动张拉系统均应进行出厂检验。

9.3.2 型式检验

型式检验在出厂检验合格的产品中随机抽取。

9.4 判定

9.4.1 出厂检验时，检验项目全部合格后方可出厂

9.4.2 型式检验时，判定规则如下：

- a) 检验项目全部合格，判定产品为合格；
- b) 检验项目中出厂检验项目有1项不合格，判定产品不合格，其它检测项目有1项不合格，则随机抽取2套产品进行不合格项复检，如复检合格，判定产品为合格，如仍有1套不合格，判定产品不合格。

10 标志、包装、运输和储存

10.1 标志

10.1.1 每台自动张拉控制台车应具有永久性产品标牌。应包括如下内容：

- a) 产品名称、型号；
- b) 主机、辅机识别标志，油口的进油或回油标志；
- c) 张拉力值精度、伸长值精度、张拉力值偏差、额定输入电压等技术参数；

- d) 厂商名称和商标;
- e) 出厂日期。

10.1.2 千斤顶标志除按 JG/T 321 规定外,油口应有进油或回油标志。

10.2 包装

10.2.1 产品应成箱包装,附带的配件、工具应装入同一箱内。

10.2.2 产品出厂装箱时应附带以下文件:

- a) 产品装箱单;
- b) 产品合格证;
- c) 使用说明书。

10.2.3 产品合格证内容应包括:

- a) 名称、型号及数量;
- b) 产品编号;
- c) 适用范围;
- d) 主要技术参数;
- e) 生产日期;
- f) 厂名、厂址;
- g) 质量合格证书。

10.2.4 包装箱外壁明显位置应标明下列内容:

- a) 产品名称、型号及数量;
- b) 装箱编号、箱体尺寸和毛重;
- c) 厂名、厂址;
- d) 装箱日期。

10.2.5 产品说明书应说明使用工艺和与锚具、夹具的匹配要求。

10.2.6 产品包装的其它技术条件应符合 JG/T5012 和 JB/T5000.13 的有关规定。

10.3 运输和储存

10.3.1 运输中应摆放正确、安装牢固、避免遭受机械损伤。

10.3.2 应置于干燥通风的室内储存并加罩防尘,禁止在露天、潮湿环境下存放。

附录 A
(规范性附录)
自动张拉结果记录

预应力自动张拉结果记录表的内容及格式见图A.1。

[illegible]

图A.1 预应力自动张拉结果记录表

附录 B
(规范性附录)
张拉力值和伸长值精度检验方法

B.1 张拉力值精度检验

检验用的预应力自动张拉系统组装件应按图 B.1 进行安装，加载设备为标准试验机。压力传感器应位于千斤顶上方，压力传感器与试验机加载轴心对中。

加载前，将千斤顶出缸量调至 80mm~120mm，锁紧千斤顶；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%逐级进行静载，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。

张拉力值精度取各级测点力值偏差的最大值，表示为 δ_z 。见公式 B.1、B.2。

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

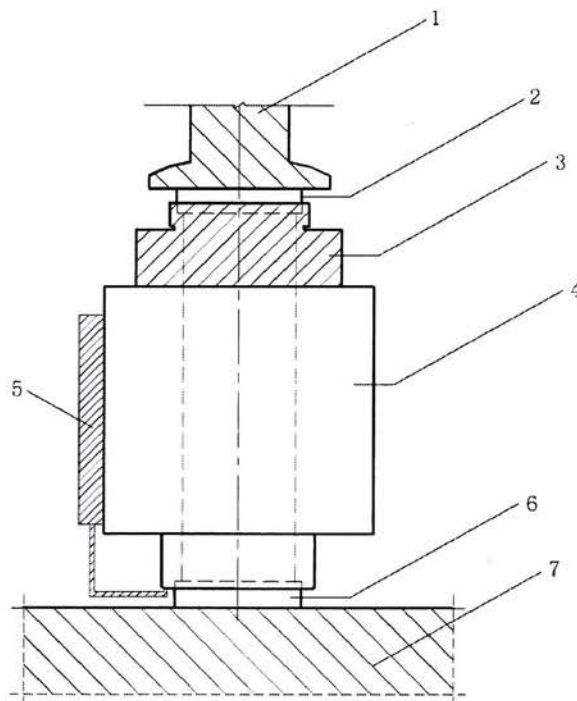
$$\delta_{zi} = \frac{X_i - F_i}{F_i} \times 100\% \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

δ_{zi} — 第 i 加载级的力值偏差， $i=1, 2, 3, 4, 5$ 。

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)。



说明：

1—试验机；2—过渡套；3—压力传感器；4—千斤顶；5—位移传感器；6—工具锚具；7—试验机。

图 B.1 张拉力值精度检验工装示意图

B.2 伸长值精度检验

检验用的预应力自动张拉系统组装件应按图 B.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，平面接触玻璃块应垂直于位移测量仪的轴向。千斤顶无外荷载作用。

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 L_i 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_s 。见公式 B.3、B.4。

$$\delta_s (\%) = [\delta_{si}]_{\max} \quad \text{..... (B.3)}$$

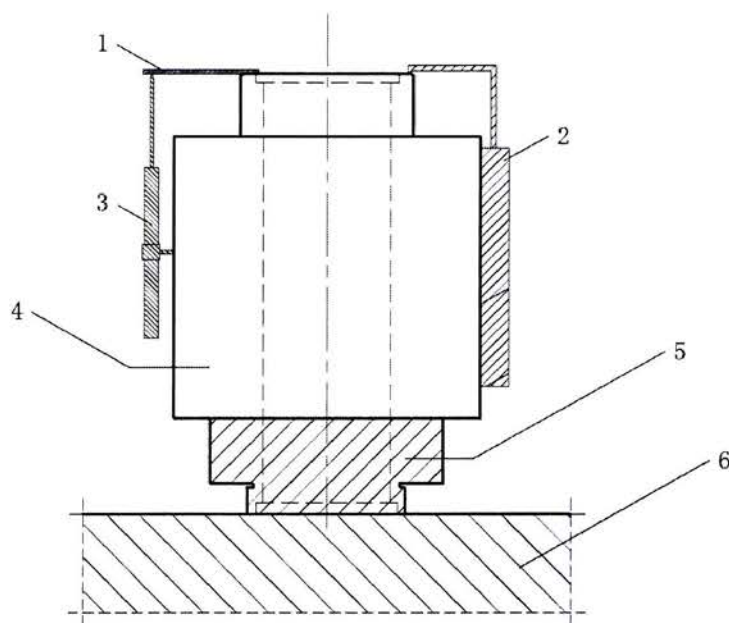
$$\delta_{si} = \frac{Y_i - L_i}{L_i} \times 100\% \quad \text{..... (B.4)}$$

式中：

δ_{si} — 第 i 测量点的位移值偏差， $i=1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$ 。

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)。



说明：

1—硬质平板；2—位移传感器；3—标准位移测量仪；4—千斤顶；5—压力传感器；6—工作平台。

图 B.2 伸长值精度检验工装示意图

附录 C
(规范性附录)
张拉力值偏差检验方法

C.1 检验工装

张拉力值偏差检验应在钢制模拟梁上进行，组装件按图 C.1 进行安装，钢绞线数量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。

C.2 检验荷载

预设目标值为不低于 75%的力传感器额定荷载，按控制力的预设目标值 20%、40%、60%、80%、100%，分 5 级逐级加载，加载 3 个循环。前 4 级加载到位后持荷 15s，第 5 级加载到位后持荷 3min。张拉系统自动记录全过程的张拉力数据。

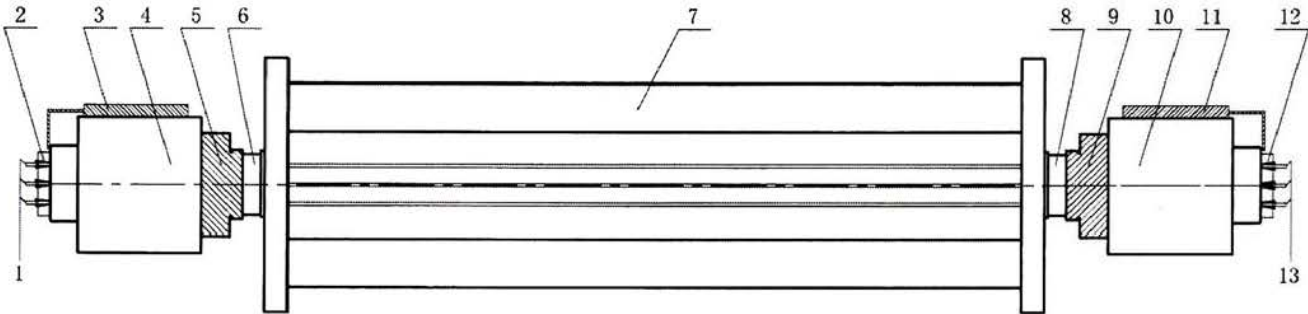
C.3 检验计算

张拉力值偏差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 C.1、C.2。

$$\delta_c (\%) = [\delta_{ci}]_{\max} \dots\dots\dots (C.1)$$

$$\delta_{ci} = \frac{X_i - P_i}{P_i} \times 100\% \dots\dots\dots (C.2)$$

式中：
 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)。



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

图 C.1 张拉力值偏差检验工装示意图

附录 D
(规范性附录)
功能检验方法

D.1 自动控制检验

本项检验可在张拉力值偏差检验完毕后进行，检验设备与工装同图 C.1。

按张拉系统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。检查张拉系统是否具备张拉、持荷、锚固全过程自动控制操作的能力。

D.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，断开工作电源，间隔 2min 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力目标值。

D.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、压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。

D.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，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，将预应力筋的规格设置为试验用实际规格的 50%~80%后进行自动张拉；检验张拉系统是否自动诊断故障并提示。

D.5 无线传输检验

本项试验可在自动控制试验完毕后进行。

张拉数据按铁路工程建设管理平台规定的格式进行上传。

在铁路工程管理平台中查看张拉数据的完整、一致情况。

附录 E
(规范性附录)
连续工作稳定性检验方法

E.1 检验工装

检验设备工装见图 C.1。

E.2 检验荷载

预设目标值为不低于 75%的力传感器额定荷载。

E.3 检验步骤

检验步骤如下：

- a) 自动张拉并记录全过程数据，重复试验20次；
 - b) 进行张拉力值偏差检验，见附录C。
-