

公路桥梁体外预应力拉索技术指南

Technical guide for external prestressed cable of highway bridge

2025 - 01 - 24 发布

2025 - 02 - 24 实施

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。

本文件由安徽省交通控股集团有限公司提出。

本文件由安徽省交通运输厅归口。

本文件起草单位：安徽省交通控股集团有限公司、同济大学。

本文件主要起草人：孙磊、胡可、马祖桥、刁凯、石雪飞、刘志权、黄昕、梁长海、徐宏光、王胜斌、袁助、程磊科、陈维平、何金武、金松、吴红波、郭寅、许垒、赵金磊、侯宇航、丁亮、王杰钊、王欢。

公路桥梁体外预应力拉索技术指南

1 范围

本文件规定了公路桥梁体外预应力拉索的设计、加工与制造、安装与张拉、养护。
本文件适用于公路桥梁体外预应力拉索，其他类似结构可参照使用。

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/T 700 碳素结构钢
- GB/T 5224 预应力混凝土用钢绞线
- GB/T 5574 工业用橡胶板
- GB/T 14370 预应力筋用锚具、夹具和连接器
- GB/T 18365 斜拉桥用热挤聚乙烯高强钢丝拉索
- GB/T 21073 环氧涂层七丝预应力钢绞线
- GB/T 24238 预应力钢丝及钢绞线用热轧盘条
- GB/T 30827 体外预应力索技术条件
- CJ/T 297 桥梁缆索用高密度聚乙烯护套料
- JG/T 161 无粘结预应力钢绞线
- 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 387 环氧涂层预应力钢绞线
- JG/T 403 辐射供冷及供暖装置热性能测试方法
- JG/T 430 无粘结预应力筋用防腐润滑脂
- JT/T 737 填充型环氧涂层钢绞线
- JT/T 771 无粘结钢绞线斜拉索技术条件
- JT/T 853 无粘结钢绞线体外预应力束
- JT/T 876 填充型环氧涂层钢绞线体外预应力束
- JTG 3362 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
- JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范
- JTG 5120 公路桥涵养护规范
- JTG/T F50 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
- YB/T 152 高强度低松弛预应力热镀锌钢绞线

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

索套管 stay pipe

拉索外设置抵抗外界的冲击和腐蚀的HDPE管或金属管。

3.2

转向器 deviator

用于体外预应力索转向的支撑装置。

3.3

空间变基面设计 variable basal plane

在拉索导线上相邻三个交点形成的平面上进行的拉索空间转向设计。

4 设计

4.1 一般规定

4.1.1 体外预应力索体采用的钢绞线应满足 GB/T 5224 的要求，采用体外预应力索体的结构应按照 JTG 3362 的要求对结构及索体进行设计验算。

4.1.2 体外预应力拉索的线性宜简洁、统一；采用逐跨拼装工艺时，宜采用简支束，各跨预应力宜采用统一的线形布置。

4.1.3 体外预应力拉索宜采用“转弯”式锚固，便于体外预应力拉索张拉施工，见图 1。

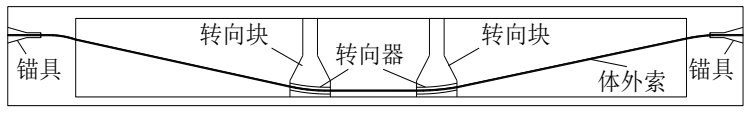


图1 “转弯”式锚固示意图

4.1.4 体外预应力拉索锚固在梁体横梁上时，宜靠近顶板、底板、腹板布置。

4.1.5 锚具以及转向器可预留备用的钢绞线孔，为补充预应力或为换索提供方便。

4.1.6 体外预应力空间结合定位设计时，宜采用空间变基面设计，以拉索定位导线上三个相邻交点形成局部空间基面，确定中间转向装置的几何形状。（见图 2）

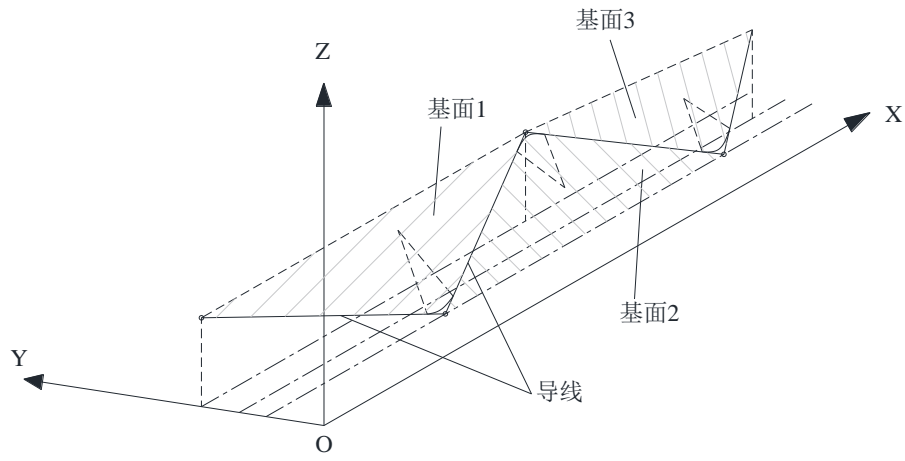


图2 变基面定位设计示意图

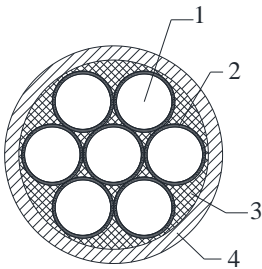
4.2 索体

4.2.1 体外预应力拉索宜采用无粘结镀锌钢绞线、填充型环氧钢绞线、涂敷环氧钢绞线等，相关技术指标应符合 JG/T 161、JT/T 853 的规定。

4.2.2 体外预应力索体设计应标明型号，型号应包含索体代号、索体类型、钢绞线直径、钢绞线代号和钢绞线根数。

4.2.3 体外预应力拉索用无粘结镀锌钢绞线应符合下列规定：

- a) 无粘结镀锌钢绞线在拉索自由段的防护由热镀锌层、防腐润滑脂层、PE 护套组成，见图 3。

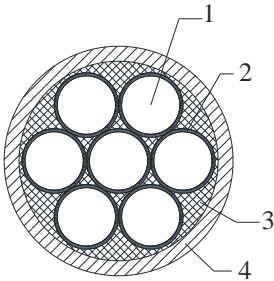


标引序号说明：

- 1——光面钢绞线；
- 2——热镀锌层；
- 3——防腐润滑脂；
- 4——PE护套。

图3 无粘结镀锌钢绞线示意图

- b) 钢绞线公称直径为 15.2 mm，抗拉强度应不小于 1770 MPa，热镀锌层重量应为 190~350 g/m²。
 - c) 镀锌钢绞线除应符合 YB/T 152 对尺寸及性能等的规定外，尚应符合 JT/T 771 对尺寸及偏差、机械性能等的规定。
 - d) 防腐润滑脂采用 JG/T 403 中的 3 号润滑脂，润滑脂用量应为 15~40 g/m。
 - e) 润滑脂涂敷应连续、均匀、饱满，应与与护套的挤出同时完成。
 - f) 润滑脂材料应具有良好的化学稳定性，对周围材料无侵蚀作用。
- 4.2.4 体外预应力拉索用涂覆型环氧钢绞线应符合下列规定：
- a) 涂覆型环氧钢绞线在拉索自由段防护由填充型环氧与 PE 护套组成，见图 4。

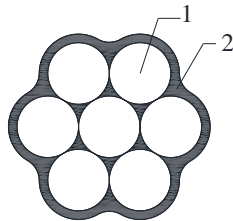


标引序号说明：

- 1——光面钢绞线；
- 2——涂覆型环氧涂层；
- 3——防腐润滑脂；
- 4——PE护套。

图4 涂覆型环氧涂层钢绞线示意图

- b) 涂覆型环氧涂层钢绞线采用的光面钢绞线公称直径为 15.2 mm，抗拉强度应不小于 1770 MPa。环氧厚度应不小于 0.2 mm。
- c) 涂覆型环氧涂层钢绞线的技术要求应符合 GB/T 21073、JG/T 387、JT/T 737、与 JT/T 876 的规定。
- 4.2.5 体外预应力拉索用填充型环氧钢绞线应符合下列规定：
- a) 填充型环氧钢绞线在拉索自由段防护由填充型环氧涂层组成，见图 5。



标引序号说明：

1——光面钢绞线；

2——填充型环氧涂层。

图5 填充型环氧涂层钢绞线示意图

- b) 填充型环氧涂层钢绞线采用的光面钢绞线公称直径为 15.2 mm，抗拉强度应不小于 1770 MPa。环氧厚度应不小于 0.5 mm，在各钢丝之间及外侧的填充均应密实。
- c) 填充型环氧涂层钢绞线的技术要求应符合 JT/T 737 与 JT/T 876 的规定。
- 4.2.6 成品拉索应由无粘结钢绞线束热挤 HDPE 护套组成。成品索的技术要求可参照 GB/T 18365 的规定。
- 4.2.7 体外预应力拉索索体的规格及主要技术参数见表 1。

表1 体外预应力拉索索体常用规格及主要技术参数

规格型号	公称截面积 (mm ²)	$f_{ptk}=1770\text{MPa}$		$f_{ptk}=1860\text{MPa}$	
		公称破断索力 (kN)	最大设计索力 (kN)	公称破断索力 (kN)	最大设计索力 (kN)
7 ϕ^s 15.2	980	1735	1127	1823	1185
12 ϕ^s 15.2	1680	2974	1933	3125	2031
19 ϕ^s 15.2	2660	4708	3060	4948	3216
22 ϕ^s 15.2	3080	5452	3544	5729	3724
31 ϕ^s 15.2	4340	7682	4993	8072	5247
37 ϕ^s 15.2	5180	9169	5960	9635	6263

4.3 锚具

- 4.3.1 体外预应力拉索用锚具的主要性能与技术要求应符合 GB/T 14370 和 JT/T 853 的规定。
- 4.3.2 体外预应力拉索采用的锚具应成系统，并应与体外拉索采用的钢绞线索股类型相匹配。
- 4.3.3 体外预应力锚具设计应表明型号，型号应包含索体代号、索体类型、钢绞线直径、钢绞线代号和钢绞线根数。
- 4.3.4 锚具常用规格对应的锚垫板主要规格尺寸可按表 2 取用。

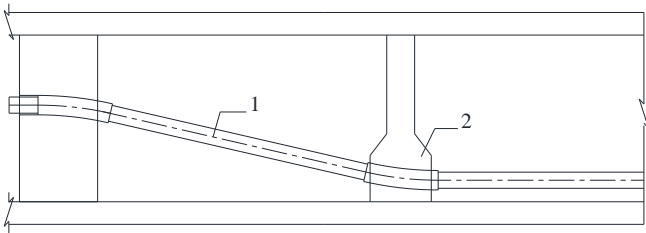
表2 锚垫板常用规格尺寸

(单位: mm)

规格	7 ϕ^s 15.2	12 ϕ^s 15.2	19 ϕ^s 15.2	22 ϕ^s 15.2	31 ϕ^s 15.2	37 ϕ^s 15.2
边长	220	260	335	355	415	455
厚度	35	40	50	50	60	70

4.4 转向块与转向器

4.4.1 箱梁体外预应力拉索的转向块宜采用竖肋式转向块集中转向，见图 6。



标引序号说明:

- 1——体外预应力拉索;
- 2——竖肋式转向块。

图6 竖肋式转向块

4.4.2 当体外预应力束数较多时，转向器可采用竖向分层布置形式，见图 7。

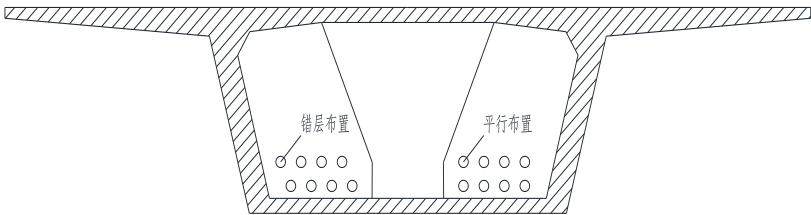


图7 转向器孔道双层布置示意图

4.4.3 混凝土转向块内应设置内环筋和外封闭箍筋，内环筋和外封闭箍筋沿转向器长度方向的间距宜为 100~150 mm，内环筋与转向器上缘之间的净距离不宜小于 25 mm，外封闭箍筋在竖向与内环筋的净距不宜小于 50 mm，见图 8。

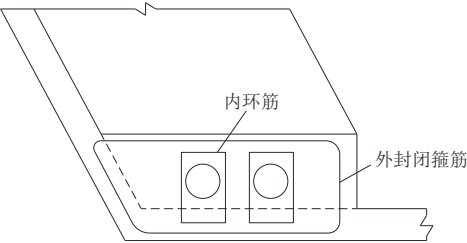
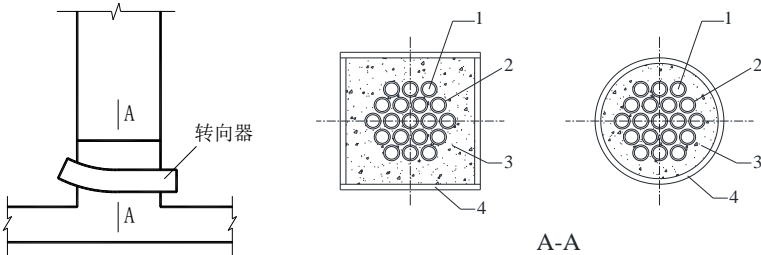


图8 转向器配筋构造示意图

- 4.4.4 转向器的几何形状宜为空间圆弧转向，转向参数通过拉索变基面设计确定。
- 4.4.5 体外预应力转向器设计应注明型号，型号应包含转向器代号、索体类型、钢绞线直径、钢绞线代号和钢绞线根数来表示。
- 4.4.6 当体外拉索采用非成品钢绞线拉索时，宜采用散束式转向器，见图 9，转向器的最小转弯半径应满足式（1）的要求：

$$R \geq 580d \dots\dots\dots (1)$$

式中：
 d ——预应力钢绞线中钢丝的最大直径。

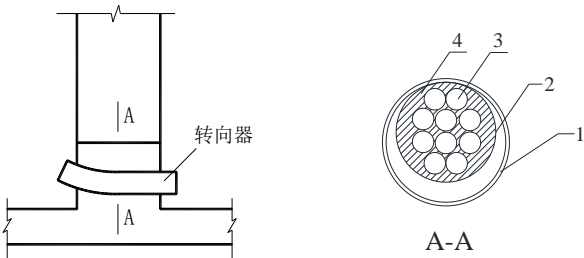


- 标引序号说明：
- 1——单股钢绞线；
 - 2——导向管；
 - 3——填充砂浆；
 - 4——转向器外壳。

图9 散束式转向器立面及剖面布置示意图

- 4.4.7 当体外拉索采用成品钢绞线时，应采用集束式转向器，见图 10，转向器的最小转弯半径应同时满足式（1）和式（2）的要求：
- $$R \geq 22D \dots\dots\dots (2)$$

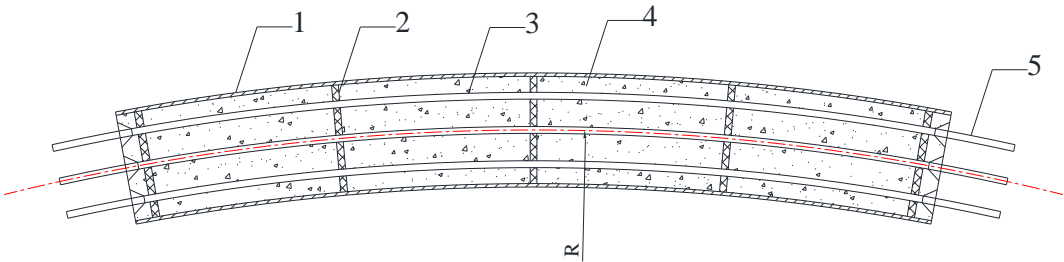
式中：
 D ——外护套直径。



- 标引序号说明：
- 1——转向器套管；
 - 2——成品拉索；
 - 3——钢绞线索股；
 - 4——热挤PE护套。

图10 集束式转向器立面及剖面布置示意图

4.4.8 散束式转向器主要由转向器外壳、导管、支撑隔板、填充材料等组成，支撑隔板布置间距应满足转向器受力要求，且间距不宜小于 300 mm，见图 11。填充砂浆应采用高强无收缩砂浆，抗压强度不小于 60 MPa，28 d 膨胀率应控制在 0.02%~0.10%。



- 标引序号说明：
- 1——转向外壳；
 - 2——支撑隔板；
 - 3——导向管；
 - 4——填充料；
 - 5——单股钢绞线。

图11 转向器构造图

4.4.9 转向器常用规格的主要尺寸可参照表 3。

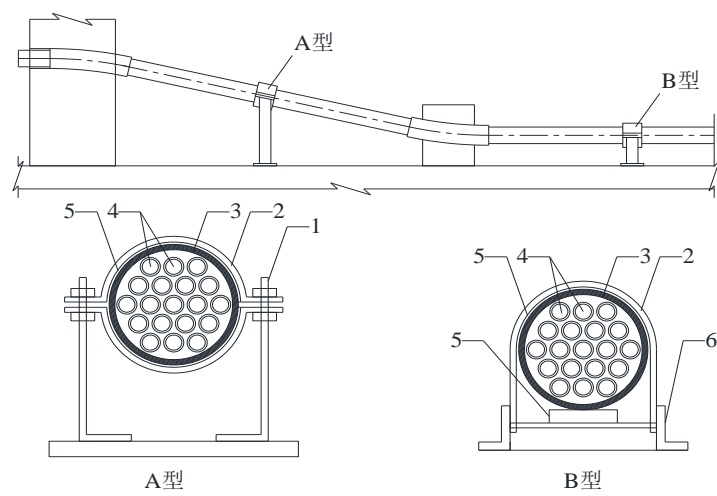
表3 转向器常用规格尺寸

(单位：mm)

规格	7 ϕ^s 15.2	12 ϕ^s 15.2	19 ϕ^s 15.2	22 ϕ^s 15.2	31 ϕ^s 15.2	37 ϕ^s 15.2
外径	114	140	180	194	219	245
边长	110	145	180	195	220	240

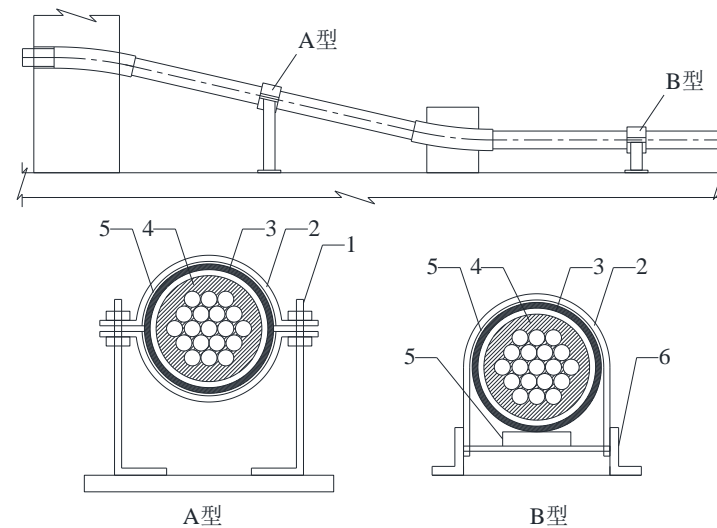
4.5 减振装置

- 4.5.1 当体外束自由段长度超过 10 m 时，应设置减振装置。
- 4.5.2 减振装置由调整螺杆、束卡箍、减振圈、减振垫和支架等组成，根据位置不同，有 A 型、B 型两种类型，非成品拉索减震器见图 12，成品拉索减震器见图 13。



- 标引序号说明：
- 1——调整螺杆；
 - 2——束卡箍；
 - 3——减振圈；
 - 4——拉索索股；
 - 5——减振垫；
 - 6——支架。

图12 非成品拉索减振装置构造图



- 标引序号说明：
- 1——调整螺杆；
 - 2——束卡箍；
 - 3——减振圈；
 - 4——成品拉索；
 - 5——减振垫；
 - 6——支架。

图13 成品拉索减振装置构造图

4.6 性能要求

4.6.1 体外索索体、锚具、转向器的防腐性能、锚固性能、静载性能及锚下荷载传递性能应符合 GB/T 30827、JT/T 853 的规定。

4.6.2 体外索索体、锚固、转向器组件的静载性能、疲劳荷载性能及抗磨损性能应符合 JT/T 853 的规定。

5 加工与制造

5.1 一般规定

5.1.1 加工制造的体外预应力拉索组件，包括索体、锚具与转向器等，应按照 GB/T 30827、JT/T 853 的规定进行检验。

5.1.2 体外预应力拉索各组件出厂前应进行出厂检验，出厂检验应按照 GB/T 30827 的规定进行。

5.2 索体与锚具

5.2.1 钢绞线索体加工用盘条技术要求应满足 GB/T 24238 的要求，体外拉索加工用 HDPE 材料应符合 CJ/T 297 的规定，防腐油脂应符合 JG/T 430 的规定。

5.2.2 锚具组件材料应符合下列规定：

- a) 锚板的材料应采用性能指标不低于 45 号钢要求的优质碳素结构钢或不低于 40Cr 要求的合金结构钢；
- b) 锚垫板的材料应采用性能指标不低于 Q345 要求的低合金高强度结构钢或不低于 Q345q 要求的桥梁用结构钢；
- c) 夹片的材料应采用含碳量小于 0.25% 的合金结构钢；
- d) 预留导管的过渡管的材料应采用性能指标不低于 Q235 要求的无缝钢管。

5.2.3 锚具应标注规格型号及批号，外观、外形尺寸及硬度应符合设计图样要求，同一规格锚具的同类部件应具有互换性。

5.2.4 锚具组件金属表面应采用热镀锌、喷锌铝合金或涂装防腐，热镀锌防腐的锌层平均厚度为 $90\ \mu\text{m} \sim 120\ \mu\text{m}$ ，喷锌铝合金或涂装防腐层的厚度应符合设计规定。

5.3 转向器

5.3.1 转向器的钢质组件材料应采用性能指标不低于 Q355 要求的无缝钢管和钢板。

5.3.2 转向器外观及外形尺寸应符合设计图样要求。

5.3.3 转向器组件金属裸露表面的防护要求按 7.2.4 规定。

5.4 减振装置

5.4.1 减振装置钢质组件材料采用性能指标不低于 Q235 要求的碳素结构钢，并应符合 GB/T 700 的规定；减振圈的材料应采用 HDPE，并应符合 CJ/T 297 的规定；减振垫应采用隔振橡胶，并应符合 GB/T 5574 的规定。

5.4.2 钢质组件表面应采用热镀锌、喷锌铝合金或涂装防腐，热镀锌防腐的锌层平均厚度为 $90\ \mu\text{m} \sim 120\ \mu\text{m}$ ，喷锌铝合金或涂装防腐层的厚度应符合设计规定。

6 安装与张拉

6.1 一般规定

- 6.1.1 体外预应力拉索各组件进场时应进行进场检验，进场检验应按照 GB/T 30827 的规定进行。
- 6.1.2 成品体外预应力索张拉应采用整束张拉千斤顶进行张拉，非成品体外预应力钢绞线拉索宜采用单根索股张拉千斤顶进行张拉。
- 6.1.3 体外预应力张拉用机具设备除应满足 JTG/T F50、JG/T 319 和 JG/T 321 的规定外，单根张拉时设备标定精度不宜小于 0.4 级，检测传感器的测量精度应达到控制力的 2% 以内。整束张拉时宜采用智能张拉设备。

6.2 安装

- 6.2.1 体外预应力拉索安装前应检查各组件的制造质量，确保满足设计安装要求。锚具、钢绞线等其他裸露构件，在安装过程中应妥善防护，防止雨水和其他有害物质的侵入。
- 6.2.2 体外预应力拉索安装过程中应采取保护措施，防止索套管受到机械损伤、扭曲变形，束体内钢绞线不可相互缠绕。
- 6.2.3 体外预应力拉索锚具、预留导管、转向器等组件的安装误差，应控制在设计规定的范围内，无设计要求的，其安装位置允许误差为 ± 10 mm，角度允许误差应为 $\pm 0.5^\circ$ 。
- 6.2.4 钢绞线索股应预设安装定位标记，锚固内采用的防腐防护层应准确就位，每根索股安装就位后应进行预紧，预紧力宜不大于控制张拉应力的 15%。
- 6.2.5 拉索在安装时，应精确计算钢绞线两端护套的剥除长度，确保张拉后剥除护套的裸露钢绞线处于锚固区防腐范围内。
- 6.2.6 拉索安装完成后，应对索体的完整性进行检验，存在明显损伤时，应进行修复或更换。

6.3 张拉

- 6.3.1 体外预应力拉索张拉前应对梁体的施工信息进行核查，并编制张拉记录表对张拉信息进行记录，记录信息应包括各钢绞线的张拉顺序、引伸量、油表读数、张拉时梁体及湿接缝的龄期、张拉时湿接缝强度等信息。
- 6.3.2 体外预应力钢绞线张拉时，混凝土的强度与龄期均应满足设计要求。
- 6.3.3 现场应对所用的千斤顶油表编号及与千斤顶的对应情况进行检验，并与千斤顶的校验报告进行核对，不得出现现场所用千斤顶和油表不配套或与校核报告不一致的情况发生。
- 6.3.4 预应力张拉过程中夹片离开锥孔的距离需满足锚具产品的要求，不得在张拉过程中对钢绞线和夹片带来损伤，影响锚固的长期可靠性。
- 6.3.5 在钢绞线完成预紧后应在钢绞线两侧锚头位置应进行喷涂标记，喷涂标记应清晰整齐，张拉完成后应对标记的整齐性进行检查，并拍照记录。
- 6.3.6 张拉宜对称进行，按照先长后短的原则依次进行。应加强千斤顶同步性的控制，各千斤顶之间同步张拉力的允许误差不应大于 2%。
- 6.3.7 体外索张拉后封锚时，应确保预留钢绞线长度满足补张拉与更换的要求。

6.4 索力控制

- 6.4.1 体外预应力索的索力控制除应符合 JTG/T 3650、JTG F80/1 的规定，尚应符合本文件的有关规定。
- 6.4.2 体外预应力张拉过程应加强对拉索索力的控制，确保张拉后锚下应力满足设计要求。张拉控制应力应根据不同张拉工艺考虑夹片回缩损失的影响。
- 6.4.3 索体张拉完成后，索体内各钢绞线索股的应力偏差除应满足行业规范的要求，尚应满足式(3)～

式（4）的要求：

$$-5\% \leq (\sigma_i - \sigma_l) / \sigma_l \leq 5\% \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$$\sigma_i \leq 0.7 f_{ptk} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- σ_i ——第*i*根索股的实测应力（MPa）；
- σ_l ——钢绞线索股的理论控制应力（MPa）；
- f_{ptk} ——钢绞线抗拉强度标准值（MPa）。

6.4.4 体外拉索各束索体的平均索力应满足式（5）的要求：

$$-2\% < (\bar{\sigma}_i - \sigma_l) / \sigma_l < 2\% \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- $\bar{\sigma}_i$ ——第*i*束索体各钢绞线索股实测应力平均值（MPa）；
- σ_l ——钢绞线索股的理论控制应力（MPa）。

6.4.5 体外束索体内各钢绞线索股应力的均匀性应满足式（6）的要求：

$$-3\% \leq (\sigma_i - \bar{\sigma}_i) / \bar{\sigma}_i \leq 3\% \dots\dots\dots (6)$$

式中：

- $\bar{\sigma}_i$ ——第*i*根体外索各索股实测应力平均值（MPa）；
- σ_i ——1根体外索内第*i*根索股的实测应力（MPa）。

7 养护

7.1 一般规定

- 7.1.1 体外预应力拉索的养护除应符合本文件的规定外，尚应符合 JTG 5120 的规定。
- 7.1.2 体外预应力拉索的监测应结合桥梁结构特点，建立监测体系，并保证监测系统的实效性、可靠性和耐久性。宜采用适当的健康监测设备，对索力进行连续监测。

7.2 检查

- 7.2.1 体外预应力拉索检查应分为初始检查、经常检查、定期检查和特殊检查。
- 7.2.2 初始检查应符合下列规定：
 - a) 桥梁新建或改建施工完成后应进行初始检查。初始检查宜与交工验收同时进行，最迟不得超过交付使用后 1 年；
 - b) 初始检查应包括体外预应力拉索的表观质量，拉索索力，减震器紧箍状态等内容；
 - c) 初始检查后应提交技术状况评定报告，报告内容包括拉索编号、相关记录表格，主要病害的状况说明损伤位置、类型、性质、范围等，并给出养护建议。

7.2.3 经常检查应符合下列规定：

- a) 经常检查每两个月不应少于 1 次；
- b) 现场应填写经常检查记录表，经常检查中发现拉索存在损伤时，应及时上报；
- c) 经常检查应包括：
 - 1) 索体护套是否完好，有破损，索体有无松弛或断丝；
 - 2) 锚具与转向器等组件有无腐蚀；
 - 3) 锚头防腐是否完整，有无渗水漏水；
 - 4) 减震器有无松动或脱落；
 - 5) 索体与转向器是有无明显完整。

7.2.4 定期检查应符合下列规定：

- a) 定期检查周期不得超过 3 年；
- b) 现场应现场校核基本信息数据，补充完善相关信息表格；
- c) 定期检查应对检查出现的病害进行原因及影响性分析，并进行技术状况评定，提出养护建议；
- d) 定期检查应包括：
 - 1) 体外预应力拉索索力有无异常；
 - 2) 索体护套有无开裂、鼓包、破损、老化变质，有锈迹或渗水时应打开护套检查钢丝涂层防腐状态；
 - 3) 逐个锚固检查锚具及周围区域状况，是否存在渗水、锈蚀。有锈水流出时应打开防护罩，对锚固区内防腐及夹片等构件的锚固可靠状态进行检查。

7.2.5 特殊检查应符合下列规定：

- a) 对定期检查中难以判明索力状况，拉索结构遭受洪水、活载、地震等异常状况影响时，应进行特殊检查；
- b) 特殊检查应结合历次定期检查中发现的问题综合进行技术状况评价。

7.3 维护与更换

7.3.1 体外预应力拉索养护应满足索体护套无损坏，锚固系统无渗水、漏水，转向器无锈蚀，减震器完好牢靠。

7.3.2 预应力出现明显锈蚀、松弛、破损、断丝等情况是，应及时进行上报并处置。

7.3.3 体外预应力索股锚固失效时，应及时进行更换。

7.3.4 减震器出现松动、橡胶垫圈损坏或脱落时应及时进行更换。

7.3.5 体外预应力拉索索力出现异常时应增加检测频率，在拉索进行更换时，应对同一桥跨内其他体外预应力拉索的索力进行检测。