

装配式梁桥体外预应力加固技术指南

2023 - 12 - 04 发布

2024 - 04 - 05 实施

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 基本规定 2

5 材料 3

6 加固设计 5

7 加固施工 10

8 检验与验收 13

9 后期维护 14

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。

本文件由山西省交通运输厅提出、组织实施和监督检查。

山西省市场监督管理局对标准的组织实施情况进行监督检查。

本文件由山西省交通运输标准化技术委员会（SXS/TC37）归口。

本文件起草单位：山西省交通新技术发展有限公司

本文件主要起草人：张坤、黄帅、牟开、宁京、王晋璧、王雪鹏、张江浩、雷志军、马冬云、刘涛、王程宏、张旋。

装配式梁桥体外预应力加固技术指南

1 范围

本文件提供了公路装配式梁桥体外预应力加固的设计、施工、检验与验收以及后期维护等方面的技术指导。

本文件适用于采用钢绞线及钢结构装置施加体外预应力的装配式梁桥加固工程，适用于中小跨径的装配式混凝土箱梁、T（I）梁、空心板桥，其它类型桥梁可参照使用。

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 1231 钢结构用高强度大六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件
- GB/T 5224 预应力混凝土用钢绞线
- GB/T 5780 六角头螺栓C级
- GB/T 5782 六角头螺栓
- GB/T 8923.1 涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定 第1部
- GB/T 14370 预应力筋用锚具、夹具和连接器
- GB 50017 钢结构设计标准
- GB 50046 工业建筑防腐蚀设计标准
- GB 50367 混凝土结构加固设计规范
- JGJ 85 预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程
- JGJ 145 混凝土结构后锚固技术规程
- JGJ 146 建设规程施工现场环境与卫生标准
- JTG 3362 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范
- JTG 5120 公路桥涵养护规范
- JTG 5220 公路养护工程质量检验评定标准
- JTG/T 289 混凝土结构加固用聚合物砂浆
- JT/T 853 无粘结钢绞线体外预应力束
- JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范
- JTG D64 公路钢结构桥梁设计规范
- JTG F90 公路工程施工安全技术规范
- JTG H30 公路养护安全作业规程
- JTG/T J21 公路桥梁承载能力检测评定规程
- JTG/T J22 公路桥梁加固设计规范
- JTG/T J23 公路桥梁加固施工技术规范
- DB14/T 849 空心板桥板底横向预应力加固技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

体外预应力加固

通过体外预应力筋（钢绞线）对桥梁主动施加预应力，以改善原桥结构受力状况的加固方法。

3.2

钢结构装置

包括锚固装置、转向装置、定位装置。

3.3

锚固装置

用于体外束锚固的钢结构装置。

3.4

转向装置

用于体外束转向的钢结构装置。

3.5

定位装置

用于体外束保持线型的钢结构装置。

3.6

减振装置

改变体外束自振频率，降低体外束振动幅度的装置。

4 基本规定

4.1 一般要求

4.1.1 适用条件：

- 恢复或提高结构或构件的承载能力；
- 改善结构或构件的使用性能（抗裂性和耐久性等）。

4.1.2 基本原则：

- 装配式梁桥采用体外预应力加固法时，被加固构件的混凝土强度等级不低于 C25；
- 加固方案具有可施工性；
- 减少对原结构的损伤；
- 考虑加固过程中结构或构件出现失稳、坍塌等可能性，并采取有效措施；
- 体外预应力加固法可单独使用，也可与其它加固方法联合使用。

4.2 程序与内容

4.2.1 可按下列程序进行：桥梁检测与评定→加固设计→加固施工→检验与验收→后期维护。

4.2.2 加固设计内容一般包括：

- 加固方法适用性和可行性分析；
- 加固总体设计和加固方案比选；
- 体外预应力设计；
- 锚固装置、转向装置等局部构件设计；
- 其他细部构造设计以及体外预应力加固体系的耐久性设计。

4.2.3 加固施工内容一般包括：

- 施工准备；
- 施工放样；
- 原结构混凝土表面处理；
- 锚固装置、转向装置和定位装置施工；
- 体外预应力筋（束）施工；
- 减振装置安装；
- 防腐及防锈处理；
- 施工监测。

5 材料

5.1 预应力筋（束）

预应力筋采用钢绞线，其质量标准应符合GB/T 5224的规定，预应力锚具应符合GB/T 14370和JGJ 85的规定。

5.2 钢材及焊接材料

- 5.2.1 钢材和焊缝的强度设计值、焊接材料的型号和质量应符合 JTG D64 的规定。
- 5.2.2 高强度螺栓、螺母、垫圈的技术条件应符合 GB/T 1231 的规定。普通螺栓应符合 GB/T 5780 和 GB/T 5782 的规定。

5.3 锚固件

- 5.3.1 锚固件为螺杆时，宜采用全螺纹螺杆，钢材等级宜为 Q355 级或以上。
- 5.3.2 锚固件为锚栓时，其钢材的力学性能指标应符合表 1 的规定。

表1 锚栓的钢材力学性能指标

性能等级		抗拉强度标准值 (MPa)	屈服强度标准值 (MPa)	断后伸长率 (%)
碳素钢及合金钢锚栓	5.8 级	500	400	10
	6.8 级	600	480	8
	8.8 级	800	640	12
不锈钢锚栓	50 (d≤39mm)	500	210	0.6 d
	70 (d≤24mm)	700	450	0.4 d
	80 (d≤24mm)	800	600	0.3 d
注：性能等级5.8级表示：抗拉强度标准值=500MPa，屈服强度标准值/抗拉强度标准值=0.8，余类推；表中的d表示锚栓的公称直径。				

- 5.3.3 锚固件为高强螺栓时，其钢材的力学性能指标应符合表 2 的规定。

表2 高强螺栓的钢材力学性能指标

性能等级		抗拉强度（MPa）	规定非比例延伸强度（MPa）	断后延伸率（%）
高强螺栓	8.8 级	830~1030	660	12
	10.9 级	1040~1240	940	10

5.4 胶黏剂

- 5.4.1 桥梁加固用胶黏剂，采用满足 JTG/T J22 要求的 A 级胶。
- 5.4.2 种植锚固件用的胶黏剂，应采用专门配制的改性环氧树脂剂、改性乙烯基酯类胶黏剂或改性氨基甲酸酯胶黏剂，其安全性能指标应符合表 3 的规定。

表3 锚固用胶黏剂的安全性能指标

性 能 项 目			A 级胶性能要求
胶体性能	劈裂抗拉强度（MPa）		≥8.5
	抗压强度（MPa）		≥60
	抗弯强度（MPa）		≥50
黏结能力	约束拉拔条件下带肋钢筋与混凝土的黏结强度	C30 Φ25 L=150mm	≥11
		C60 Φ25 L=125mm	≥17
不挥发物含量（固体含量）（%）			≥99
注：表中的性能指标除标有强度标准值外，均为平均值。			

- 5.4.3 粘贴钢结构装置用的胶黏剂，其安全性能指标应符合表 4 的规定。

表4 粘贴钢结构装置用胶黏剂的安全性能指标

性能项目		A 级胶性能要求
胶体性能	抗拉强度（MPa）	≥30
	抗拉弹性模量（MPa）	≥3500（≥3000）
	抗弯强度（MPa）	≥45，且不得呈脆性破坏
	抗压强度（MPa）	≥65
	伸长率（%）	≥1.3
黏结能力	与混凝土的正拉黏结强度（MPa）	≥2.5，且为混凝土内聚破坏
不挥发物含量（固体含量）（MPa）		≥99
注：表中括号内的抗拉弹性模量指标仅用于灌注黏结型胶黏剂。		

- 5.4.4 桥梁加固用胶黏剂应符合无毒卫生等级的规定。
- 5.4.5 寒冷地区桥梁加固用胶黏剂应通过耐冻性检验。

5.5 聚合物砂浆

5.5.1 聚合物砂浆的物理力学性能指标应符合表 5 的规定。

表5 聚合物砂浆物理力学性能指标

序号	项 目		技术指标	
			I 级	II 级
1	凝结时间	初凝/min	≥45	≥45
		终凝/h	≤24	≤24
2	抗压强度（MPa）	7d	≥40	≥30
		28d	≥75	≥45
3	抗折强度（MPa）	7d	≥8.0	≥7.0
		28d	≥12	≥10
4	粘结强度（MPa）	14d	≥1.2	≥1.0
5	抗渗压力（MPa）		≥2.5	≥2.0
6	收缩率（%）		≤0.10	≤0.10
7	抗冻性能	强度损失率（%）	≤25	≤25
		质量损失率（%）	≤5	≤5
注：有抗冻性能要求时，应进行抗冻性能试验。				

5.5.2 聚合物砂浆的质量检验和验收应符合 JTG/T 289 的相关规定。

6 加固设计

6.1 一般规定

- 6.1.1 根据原桥梁设计图、竣工图与检测评定报告进行加固设计，并对原桥主要病害进行现场核对。
- 6.1.2 加固设计时，设计荷载可根据加固目的选取，需维持原设计荷载等级的桥梁采用原设计荷载等级进行计算，需要提高设计荷载的桥梁采用目标设计荷载等级进行计算。
- 6.1.3 加固设计时，根据桥梁现状的检测结果，进行材料、几何等参数的取值，并应考虑结构病害、材料劣化、材料性能差异及新旧材料的结合性能。
- 6.1.4 原桥结构构件的混凝土、钢筋力学指标，按下列规定取值：
- 构件材质状况良好时，可采用原设计的设计值；
 - 构件材质状况恶化时，应进行现场检测，采用检测结果推定的设计值；
 - 构件混凝土强度等级的检测受实际条件限制而无法取芯时，可采用回弹法与超声回弹检测。
- 6.1.5 体外预应力加固装配式梁桥的作用（荷载）效应，按如下两阶段进行计算：
- 第一阶段：加固施工前，作用（或荷载）应考虑加固时原构件自重、加固构件自重及施工时的其他荷载，由原结构承担；
 - 第二阶段：加固施工后，作用（或荷载）应考虑包括构件自重在内的恒载及使用阶段的可变作用，加固后可变作用及新增恒载由加固后结构共同承担。

6.2 加固计算

6.2.1 装配式梁桥纵向体外预应力加固的计算内容包括：持久状况承载力极限状态计算、持久状况正

常使用极限状态计算和持久状况应力计算。

6.2.2 持久状况承载力极限状态计算包括：

- 受弯构件的正截面抗弯承载力计算；
- 受弯构件的斜截面抗剪承载力计算。

6.2.3 持久状况正常使用极限状态计算包括：

- 抗裂性验算；
- 挠度验算。

6.2.4 持久状况的应力计算包括：

- 使用阶段正截面混凝土的法向压应力；
- 使用阶段斜截面混凝土的主压应力；
- 原梁受拉区预应力筋的拉应力；
- 体外预应力筋（束）的拉应力。

上述计算参照 JTG 3362 和 JTG/T J22 有关规定执行。

6.2.5 装配式梁桥（空心板桥）横向体外预应力加固计算参照 DB14/T 849 的有关规定执行。

6.2.6 钢结构装置应进行专项设计，其承载力计算参照 GB 50017、GB 50367、JGJ 145、JTG 3362、JTG/T J22 的有关规定执行。

6.3 加固构造

6.3.1 一般规定。

- 应充分考虑原桥构造和实际尺寸进行体外预应力加固构造布置。
- 锚固装置、转向装置、定位装置、减震装置沿梁体对称布置。

6.3.2 体外预应力筋（束）类型应根据桥梁结构、施工条件及环境条件进行选择，宜优先选用由无粘结钢绞线组成的成品索。为确保空心板桥板底平整、美观，空心板桥纵向体外预应力加固也可采用有粘结钢绞线。

6.3.3 纵向体外预应力筋（束）的布置（见图 1~图 3）。

- 体外束线形设计时，应进行现场实测，充分考虑原桥实际尺寸与设计尺寸的差别，根据加固需求和结构特点，进行预应力筋线型和张拉力设计，并保证预应力的张拉作业空间；
- 体外束可采用直线、双折线布置方式，布置在梁底或腹板两侧，横桥向对称布置；
- 转向装置的设置应根据体外束的设计线型确定，折线形体外束的转向装置宜布置在距梁端 $1/4 \sim 1/3$ 跨径范围内；
- 体外束在锚固装置与转向装置之间或两个转向装置之间的自由段长度不宜大于 10m，超过该长度应设置减振装置或定位装置。减振装置处预应力筋（束）与护套间用隔振材料填实；
- 体外束在转向装置处的弯折转角不宜过大，宜小于 15° 。

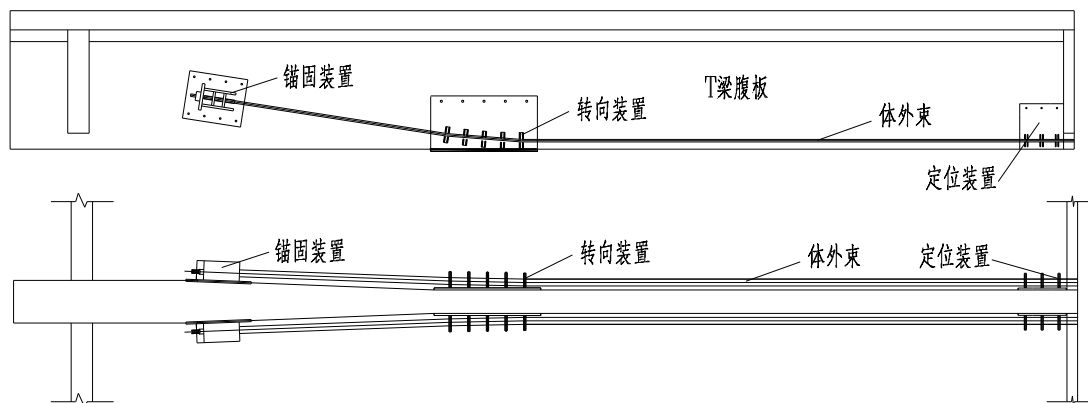


图1 体外预应力束在 T（I）梁桥的纵向布束示意

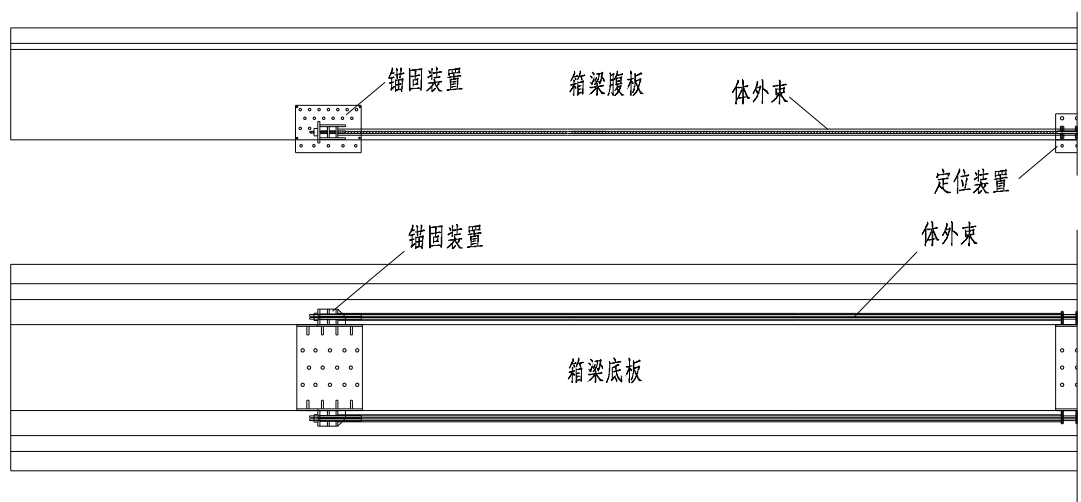


图2 体外预应力束在装配式箱梁桥的纵向布束示意

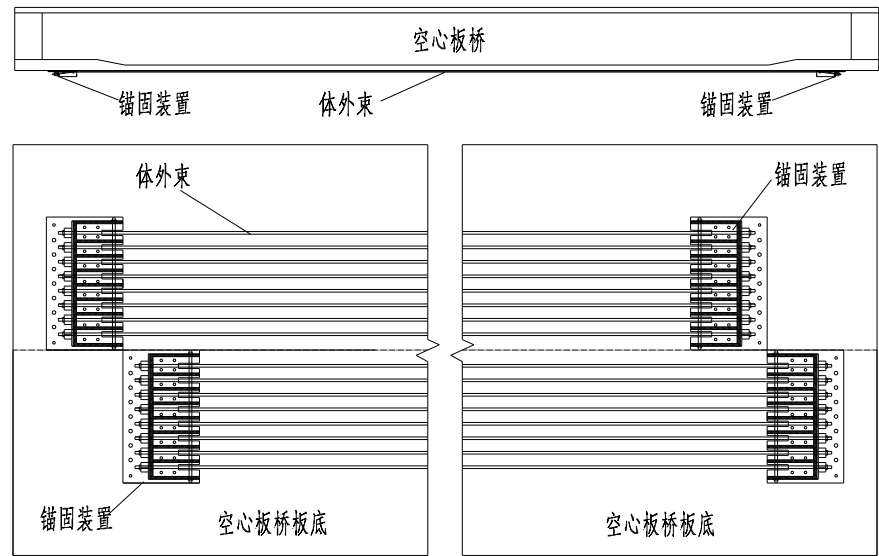


图3 体外预应力束在空心板桥的纵向布束示意

- 6.3.4 空心板桥横向体外预应力筋（束）的布置（见图 4）。
- 空心板桥横向体外预应力加固束的布置按 DB14/T 849 的有关规定执行；
 - 空心板桥宜采用有粘结体外预应力加固，施工前将板底喷注抗拉复合砂浆的区域凿毛，并清理干净；
 - 空心板桥纵向体外束张拉完成后，在钢绞线和齿板范围内喷注聚合物砂浆，应多层喷注，每次喷注厚度不超过 2cm。

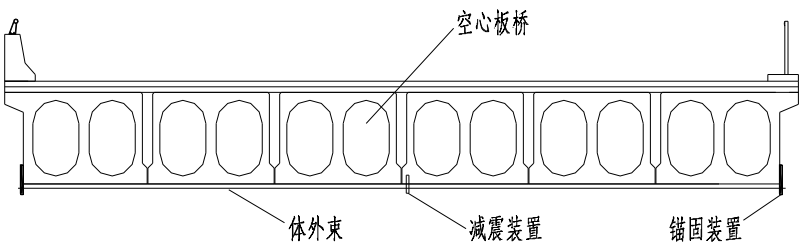


图4 体外预应力束在空心板桥的横向布束示意

6.3.5 锚固装置。

装配式梁桥体外预应力锚固装置宜采用钢结构，钢制锚固装置宜通过锚栓和胶黏剂将其可靠锚固（见图5~图8）。

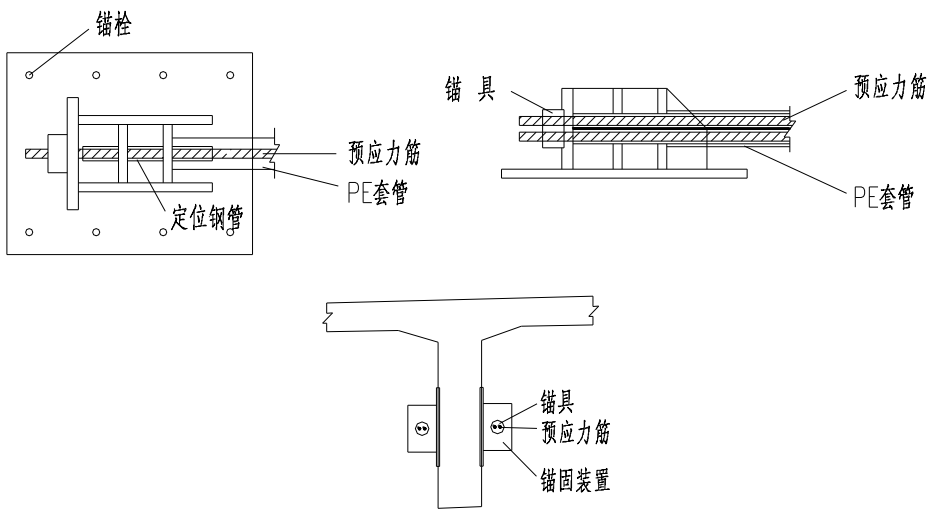


图5 T (I) 梁桥锚固装置示意

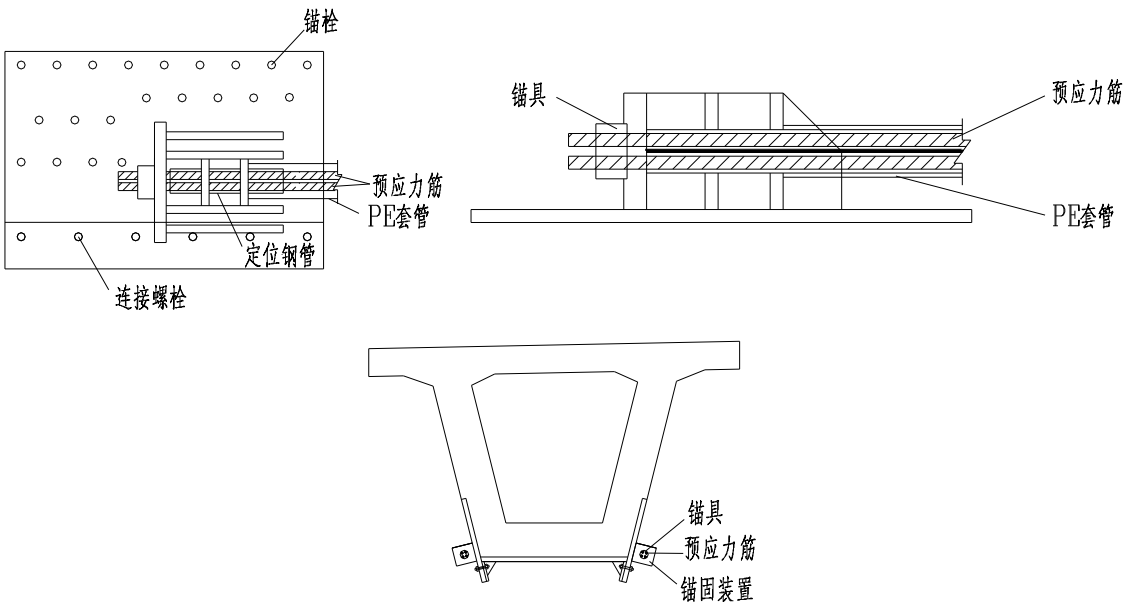


图6 装配式箱梁桥锚固装置示意

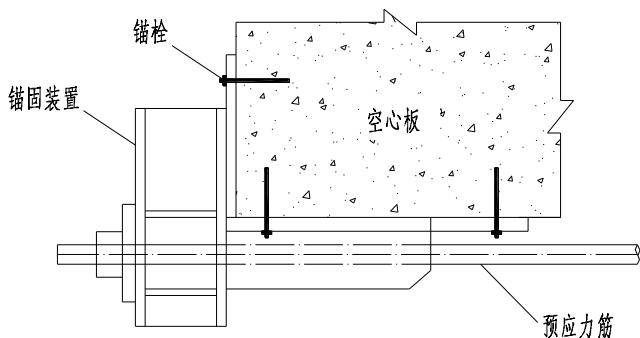


图7 空心板桥横向体外预应力锚固装置示意

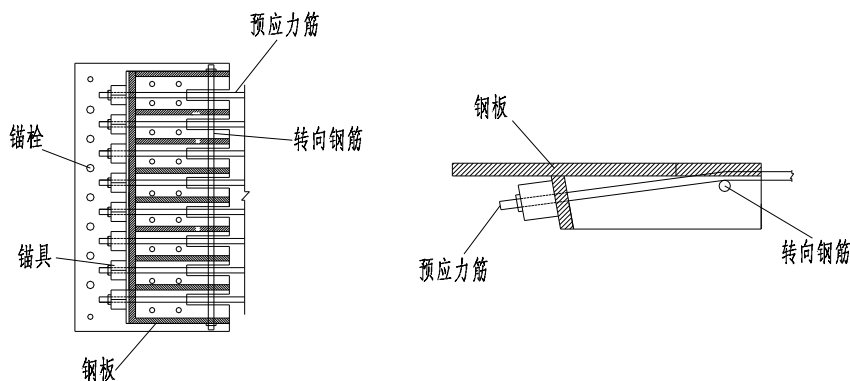


图8 空心板桥纵向体外预应力锚固装置示意

6.3.6 转向装置。

装配式梁桥(T梁桥)体外预应力转向装置宜采用钢结构，钢制转向装置宜通过锚栓和胶黏剂将其可靠锚固（见图9）。

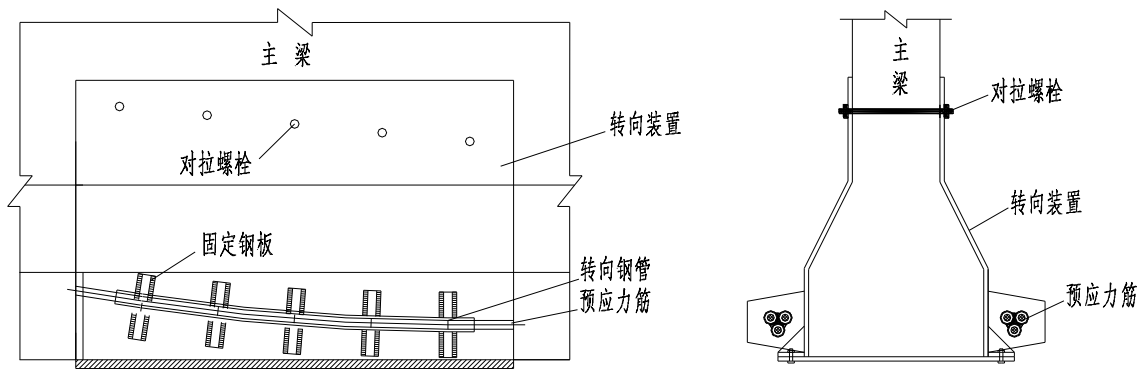


图9 T（I）梁体桥外预应力转向装置示意

6.3.7 定位装置。

装配式梁桥体外预应力定位装置宜采用钢结构，钢制定位装置宜通过锚栓和胶黏剂将其可靠锚固（见图10、图11）。

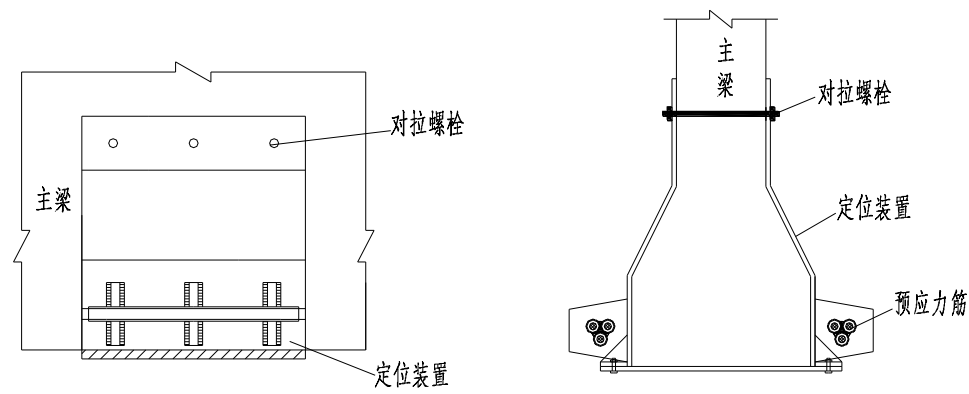


图10 T (I) 梁桥体外预应力定位装置示意

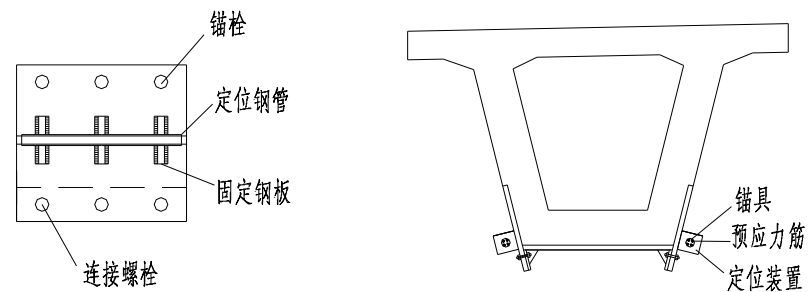


图11 装配式箱梁桥体外预应力定位装置示意

6.3.8 减振装置。

装配式梁桥体外束减振装置由定位部件和隔振材料组成，并便于维护和拆装（见图12）。

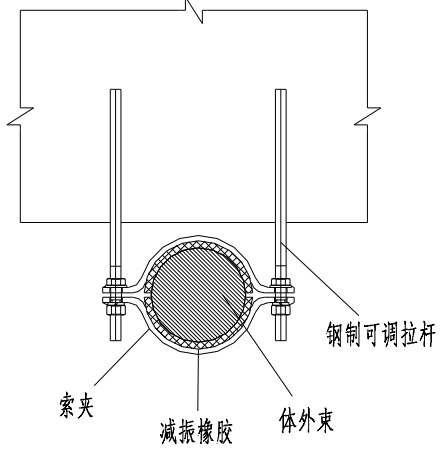


图12 减振装置示意

6.3.9 防腐。

- 预应力筋及锚具的防腐应符合 JT/T 853 的有关规定。
- 锚固装置、转向装置、定位装置和减振装置的防腐应符合 GB 50046 和 GB/T 8923.1 的有关规定。

7 加固施工

7.1 一般规定

7.1.1 工艺流程：施工准备→施工放样→混凝土表面凿毛→钻孔、植锚栓→锚固装置、转向装置、定位装置施工→体外预应力筋（束）安装→体外预应力筋（束）张拉→减振装置安装、防腐及防锈施工。

7.1.2 施工前，根据加固设计方案确定相应施工工艺，编制体外预应力加固施工专项方案。

7.1.3 实施性施工组织设计包含以下内容：编制说明、旧桥概况（含技术状况评定结果）、施工准备及施工总体策划、施工组织机构、加固施工方案、交通组织方案、资金计划、总进度计划及进度图、质量管理措施和质量保证措施、安全技术措施、环境保护措施、职业健康措施等。

7.1.4 施工过程中应严格控制对原结构的损伤。

7.1.5 施工现场的安全文明施工及环境保护措施应按 JGJ 146、JTG F90、JTG H30 的有关规定执行。

7.2 施工准备

7.2.1 主要材料具有国家相关管理部门认定的产品性能检测报告和产品合格证，其物理力学性能指标满足设计要求。

7.2.2 张拉设备配套标定，并配套使用。

7.3 施工放样

7.3.1 按照设计图纸要求对体外预应力筋（束）、锚固装置、转向装置、定位装置或减振装置进行放样。

7.3.2 放样时，探明原主梁受力主筋及预应力钢筋的位置，注意避让。

7.4 混凝土表面凿毛

7.4.1 将安装钢结构装置位置处混凝土表面凿毛，凿毛深度宜为 5~10mm，露出坚实混凝土面，用压缩空气将表面粉尘吹净。

7.4.2 凿毛纹理应与钢结构剪力方向垂直。

7.5 钻孔、植锚栓

7.5.1 参照 JTG/T J23 附录 B 中的锚栓施工方法施工。

7.5.2 钻孔时如遇到钢筋要适当避让，适当移动孔位。

7.5.3 钻孔清理干净，保持干燥，不得有油污。

7.6 锚固装置、转向装置、定位装置施工

7.6.1 按照设计图纸加工钢结构装置钢板，根据实际钻孔位置，在钢结构装置锚固钢板上进行钻孔。

7.6.2 钢板焊接质量应符合 JTG D64 的相关要求。

7.6.3 宜采用压力注胶法粘贴钢结构装置，参照 JTG/T J23 的相关要求施工。

7.7 体外预应力筋（束）安装

7.7.1 预应力筋（束）在下料前要密封包裹，防止锈蚀。

7.7.2 按设计要求对体外束进行下料，去除体外束两端锚固区 PE 护层，并将裸露钢绞线的油脂清除干净。钢绞线宜采用砂轮锯或切断机切断，不得采用加热、焊接或电焊切割，且施工过程中应避免电火花和电流损伤预应力筋（束）。

7.7.3 体外束下料长度参照 JTG/T J23 规定执行。

7.7.4 预应力筋在运输和安装过程中采取保护措施，保护其 PE 护套不受损伤。

7.7.5 保证穿入定位装置、转向装置、锚固装置各股预应力筋顺直、无交叉。

7.8 体外预应力筋（束）张拉

7.8.1 体外束张拉前，应对张拉千斤顶、油泵及锚具夹片进行检查。

——检查千斤顶与油管相接处接头是否拧紧；

——将千斤顶和油管内的空气排空，具体操作为：打开油泵，让千斤顶在无工作下，最大行程来回往复，直至千斤顶工作过程中平顺无跳动；

——检查锚具夹片是否均匀平整对称。

7.8.2 在张拉过程中，测试油表与张拉千斤顶应处于同一水平面，以保证油压相同；若条件限制，二者无法处于同一水平面，则在张拉时考虑油压差的影响。

7.8.3 体外预应力筋（束）的张拉应分为二个阶段：

——初张拉：0→10%（张拉控制应力），在正式张拉前，应对预应力筋（束）进行预紧，确认体外束绷紧后不缠绕、无滑丝情况发生、锚具定位准确后，方可正式张拉；

——正式张拉：10%→30%→50%→80%→100%。张拉过程应遵循同步、对称、两端同时张拉的原则，张拉方法按现行 JTG/T 3650 的相关规定执行。

7.8.4 张拉采取以张拉力控制为主，张拉伸长值校核的双控法，实测伸长值与理论计算伸长值的偏差应控制在±6%之内。

7.8.5 预应力筋（束）张拉时，应先调整到初应力 σ_0 ，该初应力宜为张拉控制应力 σ_{con} 的 10%，伸长值应从初应力时开始量测。

7.9 减震装置安装

7.9.1 张拉完成后安装减振装置。

7.9.2 按照设计位置安装减振装置，减振装置与梁体结构应连接可靠。

7.9.3 焊接减振装置时应采取防火、隔热措施。

7.10 防腐及防锈施工

7.10.1 钢结构装置宜厂内涂装，运输、安装过程中采取保护措施，防止涂装损坏。若发生损坏，应在现场涂装修补。

7.10.2 预应力张拉完成并验收合格后，考虑预留后期更换或调束的长度，并用砂轮锯切割多余的预应力筋（束）。

7.10.3 安装防护罩，体外预应力锚具设置全密封防护罩，并在防护罩内灌注满油脂或其它防腐材料。

7.10.4 当空心板桥采用有粘结预应力加固时，纵向体外预应力钢绞线和齿板范围内喷注聚合物砂浆。喷注前，进行喷射砂浆的工作性能试验，满足要求后方可进行正式喷注。砂浆喷注工作由专业人员操作，喷注从一端向另一端连续喷注，每层喷注厚度不宜超过 2cm，在第 1 次喷注 1 小时后进行第 2 次喷注。在完成最后 1 次喷注后用抹板将喷注面抹平，施工面收面工作和喷注工作同步进行，并在 60min 内完成。在完成喷注后应对抗拉砂浆进行喷水养护，在正常情况下应保证喷注施工面湿润，直至砂浆硬化。

7.11 施工监测

7.11.1 施工监测主要包括：

——观察主梁病害的发展及变化情况；

——监测主梁变位及挠度变化；

——监测主梁受力特征断面（跨中断面、支点断面、体外预应力锚固断面）混凝土应力变化情况；

——监测体外预应力筋（束）内力的变化。

7.12 施工安全

- 7.12.1 桥梁加固应严格准守安全操作规程，特殊工种持证上岗。
- 7.12.2 植筋胶等易燃化学材料应密封保存、远离火源。
- 7.12.3 当采用施工平台作业且桥下通车、行人时，应布设好安全防护网。
- 7.12.4 施工安全要求应符合 JTG F90 的相关规定。

8 检验与验收

8.1 一般要求

- 8.1.1 体外预应力加固用材料进场后，施工单位会同监理单位对产品合格证、出厂检验报告进行检查。同时对产品的安全性能进行见证抽样复验。
- 8.1.2 体外预应力加固过程中，各分项工程的验收除符合本文件的规定外，尚应符合 JTG 5220 和 JTG/T J23 的相关规定。

8.2 实测项目

- 8.2.1 锚栓植筋实测项目应符合表 6 的规定。

表6 锚栓植筋实测项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	钻孔直径（mm）	+3, 0	尺量：抽查 10%，且不小于 5 根
2	钻孔深度（mm）	+10, 0	尺量：抽查 10%，且不小于 5 根
3	钻孔倾斜（°）	≤5	测角仪：抽查 10%，且不小于 5 根
4	孔中心偏位（mm）	±30	尺量：抽查 10%，且不小于 5 根
5	拉拔力（kN）	在合格标准内	按 JTG 5220 规定：抽查 2%~3%，且不小于 5 根

- 8.2.2 钢结构装置实测项目应符合表 7 的规定。

表7 钢结构装置实测项目

项次	检 查 项 目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	钢板长度	±2mm	尺量抽查：每块
2	钢板宽度	-0.5mm	
3	倒角处尺寸	-0.5mm	
4	对角线长度	±1mm	
5	孔中心距离	±1mm	
6	焊缝尺寸及外观	符合设计要求	对接焊缝 X 射线实时成像检测法：每块
7	防腐涂装	符合设计要求	漆膜厚度仪
8	钢混基础面缝隙差	3~5mm	尺量缝宽：测每边两端端头
9	螺栓连接紧密型	≥120N·m	扭力扳手测，抽查 30%
10	转向（定位）钢管线型	符合设计要求	尺量、目测：每根
11	转向（定位）钢管焊接质量	符合设计要求	目测：每根
12	安装位置	符合设计要求	尺量缝宽：测每边两端端头

8.2.3 体外预应力筋（束）张拉实测项目应符合表 8 的规定。

表8 体外预应力筋（束）张拉实测项目

项次	检 查 项 目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	筋（束）坐 标（mm）	构件长方向	± 30	尺量：抽查 50%
		构件横方向	± 10	
		构件高方向	± 10	
2	张拉力		符合设计要求	检查油压表读数：全部
3	张拉伸长值		符合设计要求，设计未规定时， $\pm 6\%$	尺量：全部
4	断丝、滑丝数		每束 1 根，且每断面不超过钢丝总数的 1%	目测：全部

9 后期维护

9.1 检查与维护

9.1.1 体外预应力加固施工完成后，应定期对体外束的防护系统进行检查、监测和维护，确保体外预应力系统运营状态良好。

9.1.2 体外预应力加固的重要桥梁，宜建立结构健康监测系统，进行长期监测。

9.1.3 对体外预应力加固混凝土桥梁，应按现行 JTG 5120 进行经常检查、定期检查和特殊检查。

9.1.4 经常检查。桥梁运营后的第一年每个月进行一次，以后每个季度一次。经常检查采用目测为主进行检查，其内容包括：

- 体外束外护套是否有损伤；
- 体外束锚具护罩是否松动，是否有油脂流出；
- 体外束是否有异常振动；
- 钢制构件表面的涂装层是否完好、有无损坏。

9.1.5 定期检查。时间间隔不宜大于 12 个月。通过目测观察结合仪器观测进行，定期检查采用目测为主进行检查，其内容包括：

- 日常性检查的所有内容；
- 根据工程需要，必要时可对梁体变形和应力等项目进行检验或监测；
- 预应力筋（束）的有效应力检测，抽检数量为总量的 5%~10%，且不少于 3 根；
- 体外束腐蚀情况。

9.1.6 特殊检查。在发生意外事故、人为破坏或自然灾害造成体外束损坏时，应进行特殊检查。特殊检查应根据事件的要求组织和安排。

9.1.7 对钢结构装置定期采取防腐措施加以防护。

9.1.8 发现体外束锚具防护罩内油脂不足时，需及时补充。

9.1.9 体外束外护套局部破损时，可以采用 PE 热熔修复法或缠包热缩带修复法修复，修复后继续使用。

9.1.10 体外束应力损失超过设计允许误差范围时，按照原设计要求进行补张拉。

9.2 体外束更换

9.2.1 桥梁运营期间，当出现以下情况之一时，应更换体外束：

- 因外部不可抗力原因（如交通事故、火灾等）造成体外束防腐系统失效，不能通过修补、更换防腐系统达到体外束防护安全；

- 体外束应力损失超过设计允许误差范围，且通过补张拉仍不能达到原设计要求；
- 体外束断丝超出安全使用范围；
- 体外束服务年限达到或接近设计年限，经检测、继续运营存在安全隐患。

9.2.2 体外束更换时，应进行专项设计，确定换束次序、张拉力和施工工艺。
