

北京学院路立交桥钢箱梁 预应力体外索施工技术

谢永红 孙毅峰 李丽芬 马俊飞

【摘要】介绍北京学院路立交桥钢箱梁预应力体外索施工技术

【关键词】体外索 环氧喷涂 转向装置 “悬浮”张拉

1. 工程概况

北京市学院路道路改建工程土城北立交桥位于学院路与土城北路相交处，学院路上跨土城北路，分主线桥（东侧，处在直线上）和西线桥（西侧，处于曲线段上）。立交桥采用预应力砼连续钢箱梁结构，桥面宽10米。立交桥桥梁面积4810m²。钢箱梁体外索采用的是19-7 ϕ 5(15.24)环氧全喷涂钢绞线成品索，锚具为OVMA15-19体外索专用锚具，钢绞线标准强度为1860MPa，张拉控制应力 $0.68 \times 1860 = 1264.8$ MPa。体外索共8根，主线为98米，西线为110米，每根索重约2.5吨，该工程由北京市市政工程设计研究总院设计，体外索专项施工由柳州欧维姆工程有限公司承担。

2. 体外索的设置

体外索采用的是环氧全喷涂钢绞线成品索，体外索为梁通长方向布置，每座桥用4根体外索，靠近内外腹板处各2根，采用两端张，张拉端距桥梁伸缩缝中线2米，张拉端处设1米宽横梁一道，内灌混凝土，锚垫板下再设平均3cm厚的锚下钢板，其与横梁焊接牢固，体外索纵向近似折线形，跨中转向处设转向器和钢套管，钢套管

谢永红、孙毅峰：柳州市欧维姆工程有限公司

穿过加密的横隔板并与之焊接牢固，中墩墩顶只设转向器。如图1

3. 体外索材料的性能

体外索为环氧全喷涂钢绞线，外包黑色PE管，钢绞线强度为1860MPa，环氧喷涂钢绞线是对构成钢绞线的芯丝及外周的六根钢丝的表面用高压静电喷涂的方法，喷涂上环氧树脂粉末并加热熔化使其致密附着于钢绞线表面形成一层保护膜对各种各样的腐蚀环境有良好的耐蚀性。同时该新型防腐钢绞线具有与母材钢绞线有相同的强度特征及相同的混凝土粘结强度，且柔软性与喷涂前相同，它还具有与普通钢绞线共用锚具和张拉设备等优点。

4. 体外预应力结构特点

体外索预应力体系的基本组成包括以下内容：体外预应力钢索，包括管道和灌浆材料；体外预应力锚固系统；体外预应力的转向装置；体外预应力的防腐系统。如下图2

4.1 能够控制及调校钢绞线束的应力、检查腐蚀情况，保证在无需拆除结构能够替换钢绞线束。

4.2 在箱梁的壁内不存在预应力管道，使得

混凝土容易浇注，不会因为预留孔的存在而减低承压能力，因此可以将箱梁壁厚减至最小，减轻结构自重。

4.3 体外索通过转向装置的作用将变向力传递到结构中，简化预应力筋曲线和减少摩擦损失。

4.4 对于某类型的结构，例如预制箱梁结构，使用体外索可以简化及加速桥梁的建设速度以及将建造成本降低。

4.5 体外索可以用于加固或修复已修建的混凝土结构。

4.6 体外索可使用在结构中无法放置预应力钢筋束的结构中，例如应用在钢结构或复合结

构。

5. 施工程序

施工工艺流程：

施工机具准备→安装转向器→安装钢管套与转向器之间的橡胶板→体外索穿索→灌钢管套与转向器之间的砂浆→张拉体外索→安装转向器与体外索之间的橡胶板→灌PE护套与转向器之间的砂浆及锚固端延长筒内的砂浆→防松装置的安装→锚头防腐。

5.1 施工机具的准备

5.1.1 将张拉的机具配套标定，辅助机具进行调试，所有机具运到工地后，进行试运行，确保正常后，即可吊至工作台面就位。

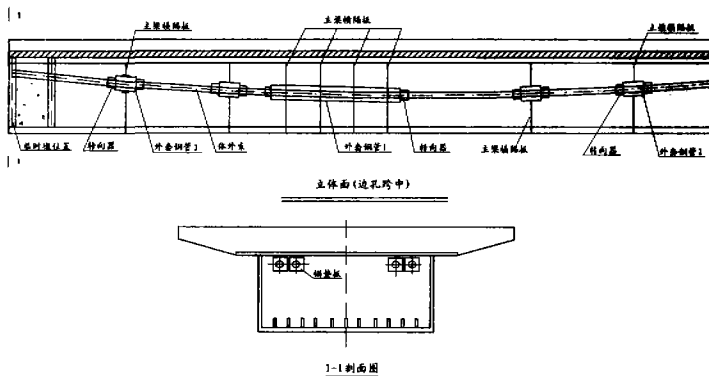


图1

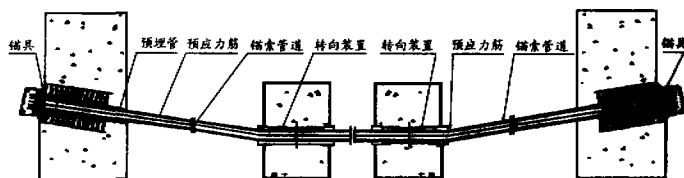


图2 体外索预应力体系示意图

5.1.2 在适当的位置布置5吨慢速卷扬机以及滑轮组

5.2 安装转向器

转向器放进钢管管内，并且临时固定，两边露出长度大致相同。

5.3 安装钢管管与转向器之间的橡胶板

用20 mm厚的纯橡胶板割成40 mm宽的橡胶条，把橡胶条塞满钢管与转向器之间的空隙。

5.4 体外索穿索

为了方便施工时放索，成品索的端头均设有便于与钢丝绳联接的连接装置——即“牵引头”，在工厂内制作完成的成品索卷制成盘运抵工地就位，利用5T慢速卷扬机牵引成品缓慢解盘放索并穿过对应的预留索孔。牵引过程中，我们采用可靠的保护措施防止索体表面的HDPE护套受到机械损伤。在体外索进入钢管梁上的锚固端延长钢管前，根据精确测量的索两锚固端的实际距离，剥除两端PE层，确保在张拉后索PE层进入预埋管的长度在100mm-600 mm，用清洗剂清除裸露的钢绞线的防腐油脂。

5.5 第一次灌浆（钢管管与转向器之间灌水泥浆）

钢管管与转向器之间的孔道两端，特留灌浆管和排气管，从低点灌浆，高点排气。用纯水泥

浆进行灌浆，水灰比为0.42，压力为0.5MPa严格按照灌浆施工有关规范和设计要求进行灌浆处理。

5.6 体外索张拉

5.6.1 安装OVMA15-19锚具及OVM夹片，力求各根钢绞线孔位要对齐，锚具紧贴锚垫板，并注意保护各组张拉件不受污损。

5.6.2 整体张拉

利用YCW400千斤顶进行整体张拉，张拉控制程序为0→10% σ_{con} →20% σ_{con} →100% σ_{con} （持荷2分钟）→锚固。由于体外索比较长，为防止反复张拉使夹片失效，我们采用“悬浮”张拉施工方案，在YCW400千斤顶增加一套工具锚及支架，在千斤顶与锚板间设限位板，如图3。在每次张拉时后自动工具锚夹片处于放松状态，在完成一个行程回油时自动工具锚夹片锁紧钢绞线，多次倒顶，直到张拉到设计吨位。由于限位板的作用，在张拉过程中，工作夹片不至于退出锚孔，在回油倒顶时，工作夹片不会咬住钢绞线，工作夹片始终处于“悬浮”状态，在张拉到位后，旋紧定位板的螺母，压紧夹片，随后千斤顶回油放张，使工作夹片锚固钢绞线。在钢箱梁两端对两束体外索采用肆台千斤顶同时进行对称张拉，要求张拉时以油压上升一致为原则，用对讲机及时报数控制，每张拉一个行程要停下来，较

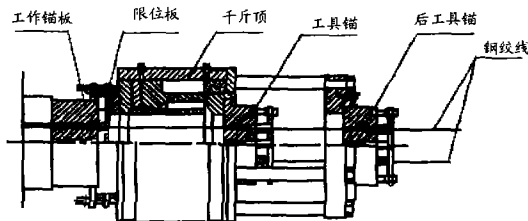


图3 YCW400QL千斤顶

核总伸长值。

立交桥体外索伸长值计算如下：

体外索采用两端张拉，其总伸长值可计算至中跨跨中处加倍求得， L_1 、 θ 取总长度与总弧度的一半。体外索伸长值按下式计算：

$$\Delta L = (P_1 L_1 / A_p E_s) \cdot (1 - e^{-(KL_1 + \mu \theta)}) / KL_1 + \mu \theta$$

P_1 ——预应力索的张拉力 (KN)， $P_1 = 0.68 \times 1860 \text{MPa} \times 140 \text{mm}^2 \times 19 = 3364.37 \text{KN}$

A_p ——预应力索的截面积 (mm^2)， $A_p = 140 \text{mm}^2 \times 19$

E_s ——预应力索的弹性模量 (本工程体外索为半平行钢丝索) 取 $1.85 \times 10^5 \text{N/mm}^2$

L_1 ——从张拉端至计算截面 (中跨跨中截面) 的孔道长度 (m) $L_{A \rightarrow N} = 45.874 \text{m}$ ， $L_{A \rightarrow K} = 52.674 \text{m}$

K ——每米孔道局部偏差对摩擦影响系数 (K 取 0.04)

μ ——预应力索与孔道壁之间的摩擦系数 (μ 取 1.8)

θ ——从张拉端至计算截面 (中跨跨中截面) 曲线孔道部分切线夹角之和 (rad)

$$\theta_{A \rightarrow N} = 0.298 \text{rad}, \theta_{A \rightarrow K} = 0.282 \text{rad}$$

实际伸长值为：

$$(0.1 \sigma_k \rightarrow \sigma_k) \text{伸长值} + (0.1 \sigma_k \rightarrow 0.2 \sigma_k) \text{伸长值}$$

值——夹片内缩量

5.7 安装转向器与体外索之间的橡胶板

施工方法与塞钢管与转向器之间的橡胶板相同

5.8 第二次灌浆 (灌 PE 护套与转向器之间的砂浆及锚固端延长筒内的砂浆)

施工方法与第一次灌浆相同。但锚固端延长

筒内灌微膨胀二次灌浆料，水灰比为 0.3。

5.9 安装防松装置

5.9.1 应先用手提砂轮机平整地切除锚头两端的多余钢丝线，钢丝线长出锚板端面的长度为 30-50 mm。

5.9.2 装上防松装置、拧紧螺母，以达到有效地防止夹片松动的目的。

5.10 锚头防腐

先在锚头上安装上保护罩，用注浆泵向保护罩内灌注建筑油脂。保护罩内要饱满。

6. 结束语

6.1 由于采用体外预应力，钢箱梁腹板内没有预留孔道，简化了腹板的结构及其厚度，从而减轻了结构的自重，降低了结构整体的造价。特别是在预制钢箱梁施工现场只需要将预制好的箱梁节段在临时支架上组拼成桥，提高施工进度，降低施工费用，加速了桥梁建设速度。

6.2 柳州市建筑机械总厂开发的新的

伸长值表

索的名称	索长 (m)	总计算伸长值 (mm)	备注
主线体外索	91.748	558	不含两端千斤顶的工作长度计 1.6m 的伸长值 $\Delta L_{\text{顶}} = 10 \text{mm}$
西线体外索	105.348	634	不含两端千斤顶的工作长度计 1.6m 的伸长值 $\Delta L_{\text{顶}} = 10 \text{mm}$

注：伸长值的测量标记从 0.1 σ_k 开始。

及时记录每级的伸长值、体外索张拉应力控制一览表

千斤顶编号	压力表编号	10%张拉力 KN	10%张拉力对应油压值 MPa	20%张拉力 KN	20%张拉力对应油压值 MPa	100%张拉力 KN	100%张拉力对应油压值 MPa	备注
012#	1160#	336.4	4.5	672.8	9.0	3364.37	44.8	
013#	805#	336.4	4.9	672.8	9.3	3364.37	44.9	
014#	022#	336.4	5.4	672.8	9.9	3364.37	45.5	
015#	611#	336.4	4.9	672.8	9.3	3364.37	44.9	

YCW400QL千斤顶采用“悬浮”张拉,有效地解决锚具的工作夹片经过反复夹持容易产生滑丝的问题,能广泛应用超长预应力束的多次张拉才达到设计吨位。同时该技术施工方便,简单易行,经济效益显著。

6.3 环氧全喷涂钢绞线体外索采用三层防腐即环氧喷涂层、钢绞线专用防腐油脂、外包PE管。这样即使将来若干年后外包PE管老化破损,钢绞线专用防腐油脂不流失,钢绞线依靠环氧喷涂层仍然有足够的抗腐蚀性能。

6.4 预应力体外索技术广泛应用于多种领域。如旧桥加固和维修以及体系转换,混凝土建筑结构及特种结构。

参考文献

1. 《北京学院路道路改建工程土城立交桥设计图纸》北京市市政工程设计研究总院设计
2. 《公路桥涵施工技术规范》交通部第一公路工程公司 人民交通出版社
3. 《新型预应力材料及体系》,柳州市建筑机械总厂

OVM品牌闪耀钢城

2001年10月22日,素有“钢城”之称的辽宁省鞍山市还沉浸在国庆中秋佳节的喜庆气氛中,又迎来了一个新的喜悦:投资2.3亿元的五一路立交桥南北和东西向正式建成通车。OVM品牌产品再次向世人证明了其质量和信誉实力!

鞍山市五一立交桥占地5万多平方米,是该市建国路交通走廊改造工程的核心,主桥采用混凝土钢叠合结构,跨越鞍山市火车站编组站,跨度大,设计采用我厂的OVM体外索技术。由于该工程为限时完成的项目和东北特有的施工季节性限制,该工程工期非常紧,要求四月正式进场,十月必须通车。直至元月初,工程施工设计图纸才确定采用十根体外索结构,每根体外索由十六根环氧喷涂钢绞线组成,最长索超过一百三十米。一开始指挥部不了解我厂情况,对一个半月的生产时间能否供货表示怀疑,并提出如果我厂无法按时将全部货送到工地,他们宁可改变设计!为此,工程指挥部组分两批对我们厂进行了考察,并带回环氧喷涂钢绞线进行了试验。为了能保证按时按量保质地完成生产任务,王柳平

书记亲自督阵,技术中心、缆索公司、经营公司、运输部门等通力配合协同作战。六月八日才签订的合同,七月十五日,全部体外索、专用锚具及附件全部运抵鞍山工地现场。指挥部对我厂的效率大为赞赏,并表示在即将进行的鞍山市有关工程项目中向设计单位力荐采用OVM体外索产品和技术。

该项目的体外索是由我厂下属的工程公司施工的,在整个施工期间,他们兢兢业业,克服工程复杂、工期短、参与的施工单位多较难协调等种种困难,按要求完成了布索、穿索、张拉、定位、灌浆等全部工作。

在通车的时候,指挥部给我厂写了这样的意见书:“你厂生产的体外成品索和体外索锚具及相应的附件性能和质量良好,完全满足工程设计和施工的要求。该体外索所用的环氧喷涂钢绞线在使用中未发现涂层龟裂、脱落现象,防腐性能好,满足工程的需要,值得推广使用。” (龙摩乾)

