

# 体外预应力体系工程应用实例(续)

关永宏 黄建勋 何锐波

(续上期)3. 其它一些使用体外索的建筑

## 3.1 德国的烟囱

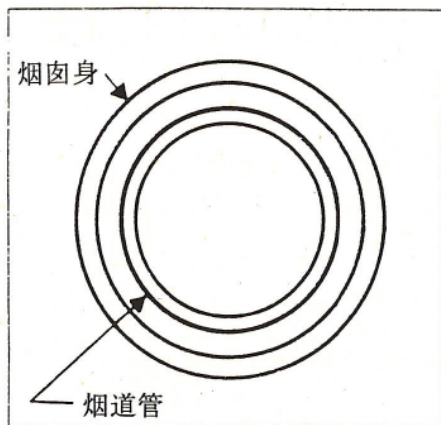


图10: 烟囱的横截面图

为保护环境,德国在火力发电厂安装了除硫化物的系统。被净化的油烟和冷气被压入冷却塔。而由于分类的原因,已经过除硫系统的油烟被送入烟囱。

这个烟囱(直径大约 $\Phi 10\text{m}$ 到 $\Phi 17\text{m}$ )是用钢筋混凝土建造的,内部的油烟管是用耐酸瓷砖做成的。油烟管外包一层由泡沫玻璃做成的热绝缘物质(图10)。在除硫系统进行工作时,油烟的温度很快从 $90^{\circ}\text{C}$ 升到 $180^{\circ}\text{C}$ 。由于这个令人吃惊的温度变化,使得耐热瓷砖有很高的拉、压应力。这个拉应力超出德国的标准规定的 $1056\text{N}/\text{mm}^2$ 。为了保证油烟管的耐用性,必需采取一些特殊的方法。

到目前为止已采用了以下方法:

1) 有防腐层的钢筋。这个方法的缺点是钢筋不能防止防腐破裂并且由于钢筋与瓷砖的热膨胀系数的大小不一样造成它们的结合存在问题。

2) 用已有应力的钢带缠绕瓷砖。这些钢带之间的盘式弹簧都很贵,就象烟囱周围的脚手架一样。在以后的日子里还要对钢带进行附加的张拉,因为弹簧不能长期补偿填缝复合物徐变。

在1986/87年,特别为防止上述一些缺点,有一个新方法被用于这两个烟囱。这个方法就是在油烟管的周围按一定规律的间距布置单一的后张拉体外索,并必需达到以下要求:

- 容易安装;
- 容易进行张拉操作;
- 能够进行补张拉;
- 能够监测缆索受力;
- 容易更换。

这些都是用 $\Phi 15$ 单根钢绞线。它们被置于一种特殊砖的槽子里。这些砖有良好的热绝缘性,可以使传到钢绞线的温度低于 $40^{\circ}\text{C}$ ,这样使得油脂和PE管能正常工作。不过,为了不让钢绞线直接与砖接触,在钢绞线外包一层PE管。每一根钢绞线都包住油烟管并且被锚固在一个钢支座上。为减少摩擦阻力造成的影响,一对一对的把钢绞线锚固在相反位置的钢



支座上。每一根钢绞线都张拉到100KN。每根钢绞线间隔有1m。在到达支座之前，钢绞线的一端通过一个特殊的转向装置，这样就能把钢绞线锚固在支座上。这个转向装置和锚固支座都涂上一层防腐涂料。

这种特殊砖、包有钢绞线的PE护套和支座都被作为油烟管砖墙的一部分。因此就不再需要外部特殊脚手架。然而，在张拉时脚手架还是需要的，这可以在支座排前面垂直移动。在以后的时间里可能要控制后张拉的拉力，所以锚头带有螺纹。

这个系统在实际使用前，要进行如下的测试：

证实砖的边缘不会对钢绞线的PE护套有任何的长期破坏；

对安装、张拉和换索进行严格地测试和实际操作。

实际运用表明，这些测试结果令人非常满意，得到了承认。

#### 4. 旧桥改造

#### 4.1 法国阿维尼翁附近的Roquemaure桥

这是在阿维尼翁附近跨越Rohne河的公路桥，是连接法国南部的Orange和Narbonne的A9号公路的一部分。桥长420m，跨距为50—4x80—50m。这个21.6m宽的桥，在桥墩5.4m处与中跨1.80m处之间，有一个双T形截面(图11)。该桥墩采用自由悬臂法在1971年到1974年之间修建的，灌浆位置部分长6.12m。在1975年的一次检查中发现在中间跨处有一些裂缝(有8到10m宽)。在测试完破坏和校核完设计之后，发现原来没有考虑温度梯度并且预应力索没有充分利用。因此不得不在尽可能短的时间里把桥修复。彻底中断交通来修桥是不能让人接受的，因此桥的所有者就考虑，修复工作在交通不繁忙的时候进行。因此顾问提出在缝隙灌树脂后进行体外纵向预应力张拉。此外，下列措施必需实施：

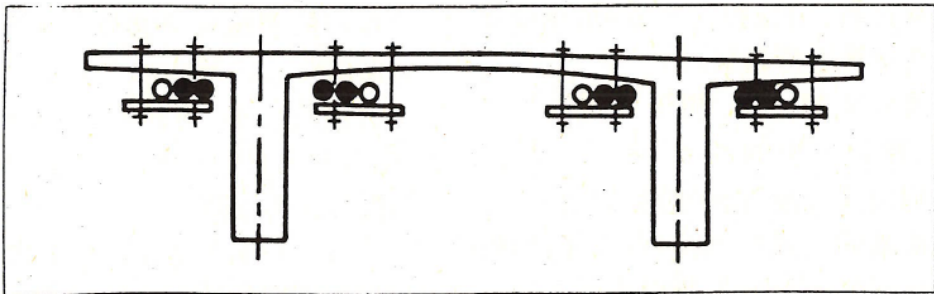


图11:加了体外索的Roquemaure大桥的截面图

• 在桥的两边修建预应力混凝土横梁，该梁装有新缆索的并能把额外的力传递给桥的上部结构。

• 在每一个横梁后面修建一个工作段，这样从此处将钢绞线穿入套管内并且在此处可以进行张拉。

• 在桥面下面安装悬吊用来运送钢绞线的套管。

去掉各种损失，纵向的张拉应力要求达到54000KN。因此预应力施工单位提出采用8根由55股 $\Phi 13$ 的钢绞线组成的缆索(缆索的破断力为9169KN)，从桥的



这头拉到桥的那头,中间没有连接器(这样缆索有430m!)。为附加的张拉预备了四个套管。预应力施工单位被授权承担预应力张拉工作,除了价格合理外,还因为其具备施工经验,并有良好的设备,其中包括高性能的千斤顶。布置缆索是这项工作最急需的。由于工作段的空间所限和缆索的长度及重量,就不能从一开始就把事先装配好的缆索安装到位。因此只能采用顶推法。采用两个顶推支承,根据有可能进入的地方:135,160m,顶推位置选择在135m处。为了得到所要求的推力,两台顶推机被置于第一个中间支承。

当一定数量的钢绞线被引入,所提供的推力不再能克服钢管与钢绞线之间的摩擦力,这时就必需在头两个支承位置用附加钢绞线进行顶推,附加钢绞线与缆索间用连接器连接。第一个顶推机顶推钢绞线,而第二个顶推机则直接顶推第一个顶推机。顶推完之后,附加钢绞线又从第一个支承开始顶推,这个过程反反复复进行。当张拉完之后,用先装好的连接套把管连接起来。

在缆索张拉之前,用千斤顶进行单根预紧(预紧力为 $1\text{N}/\text{mm}^2$ )使每一根钢绞线达到相同长度。由于对称的原因,在缆索的两端同时进行张拉。由于张拉8根缆索所需时间为6小时,所以设备要求有良好的机动性。装备五台型号为ZPE—1000的千斤顶(其中一台为备用),相应的附件和五台油泵。每台千斤顶重2.5吨,被放置在一个液压升降小车上。张拉时每 $5\text{N}/\text{mm}^2$ 为一步。索的总伸长量为3150mm。横梁端部缆索作为纵向索,每两索同时张拉(16根,每边为12股 $\Phi 13$ 钢

绞线)。

由于注入材料的质量和索的长度,使用特殊的混合有缓凝剂、水泥砂浆或根据客户的要求可以使用水泥熟料和树脂的混合物。由于要分段灌浆,所以灌浆设备要具有可移动性。每次灌浆的距离是180m。每天灌两索,需要 $12\text{m}^3$ 的浆料。

## 5. 旧建筑的加固

### 5.1 美国旧金山39墩停车场

这个建筑位于Fisherman's Wharf地区,是购物中心的一部分,建于1978/79年;可停1000辆车,它有五个停车层(包括顶层),平面面积为 $118.90 \times 63.00\text{m}^2$ ,在一个拐角处有一个面积为 $20.90 \times 54.60\text{m}^2$ 休息室。

这座建筑原来有后张拉预应力梁,914mm厚,跨距为21m,在横向构造成的塔柱形成一个平行的平面框架。用后张预应力方法制成的平板,有114mm厚,纵向跨距为5.8m。梁包括7股 $\Phi 15$ 的钢绞线而平板有 $\Phi 13$ 的钢绞线在中间660mm。在1985年发现顶层有裂缝并导致漏雨,邻近顶部的裂缝与许多平行,并且这些梁的偏差值达到38mm。并且有几根钢绞线伸出锚头外边。对所有的钢绞线进行检查后,发现它们有不同程度的腐蚀,一些钢绞线甚至失效。

除了资金问题,修补工作的中心问题是在已有的结构周围修建一个新的系统,停车库能继续使用。修复工作的目标是梁和一个更低的平板。

在细节上有两个修复工作方案,一个是采用钢结构,另一个是用张拉预应力索。这里采用后者。

这个建筑的每一个梁有两根缆索,每根缆索包括6股 $\Phi 13$ 的钢绞线,在腹板

两边各放入梁中。缆索在跨的中间和支柱上部被转向偏转。转向装置是直径为 $\Phi 114\text{mm}$ 的超重管子。为了得到尽可能好

的防腐效果,钢绞索外包环氧物。直径 $\Phi 51\text{mm}$ 的PVC(聚氯乙烯)波纹管被用作缆索的套管。(图12)

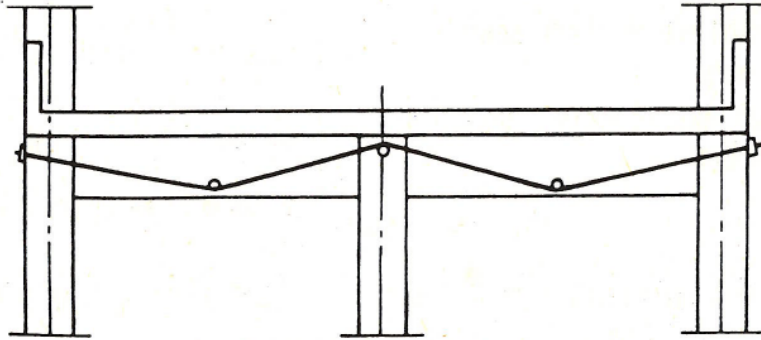


图12:附加梁索的方案

修复工作是在停车场不暂停使用的情况下进行的。转向装置、端部托架和预制部件的安装夜班进行,上索白班进行。检查平板处的缆索并移走抱箍1.2m更换缆索抱箍位于大约该结构长度方向的1/3处。大约10%的钢绞线要被更换。大多数张拉工作是从建筑外边进行的。修复工作开始于1986年6月,结束于1987年4月。

### 5.2 宁夏大武口洗煤厂原煤贮仓

宁夏大武口洗煤厂原煤贮仓建于1969年。贮仓平面为矩形,纵向长96.8m,横向宽38m。贮仓横剖面呈六边形,仓顶标高14.46m。该贮仓贮煤量20000吨,是洗煤厂的重要建筑。

煤仓上部是带窗户的顶楼为砖混结构的皮带输送机通廊。仓下部有地下通道供卸煤用(图13)。

贮煤仓1969年建成,投入使用后不久发现贮仓东、西两面山墙外倾,14.46m标高处柱顶与纵梁脱开,导致仓顶、檐口、圈梁和输煤廊楼顶圈被拉断。4根山墙柱均外倾,柱顶最大位移为90mm,贮

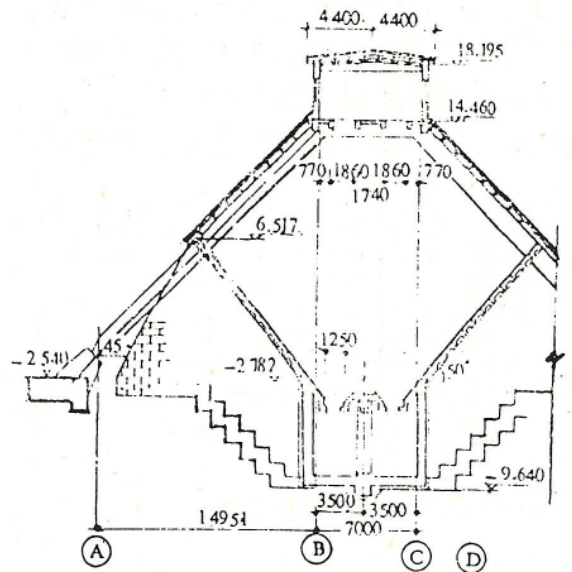


图13:贮煤仓剖面图

煤仓其它结构完好。

1971年大武口洗煤厂采用钢构斜支撑对煤仓进行加固。但效果不理想,加固后并未阻止住山墙柱继续外倾,更没有使柱子复位,最后只得将两端贮煤仓卸空停止使用,贮煤量减少30%。造成柱子外倾的主要原因是山墙部分设计不当。

1991年大武口洗煤厂欲在不停产的前提下加固贮煤仓,使空仓恢复使用,以



增加精煤产量。为此,对几个加固方案进行了论证,最后选定体外预应力水平拉结加固方案,其分析见表1。

表1 预应力中固方案

项目	内 容	优 点
理论计算	按弹性体计算柱侧向刚度,按轴向拉力计算约束力	思路清晰,计算简便,比实际结构安全
材料	Φ15无粘结钢绞线及Z15—7锚具,外套Φ83镀锌钢管	强度高(1470MPa),用量少,占据空间小
施工	在仓内煤堆上穿束,在仓外柱项张拉、锚固	施工简单,不需仓内搭架子,不影响生产,施工快
其它	先使柱复位,后使其拉抗煤侧压力,钢管内灌浆,增中抗蚀能力	可拆除仓外斜支撑,整体技术经济效益较好

锚固位置选在仓外,通过承受压板锚固在山墙柱外侧(图14)。这种体外施加预应力的加固方法要求锚固节点必须安全可靠。为此,选用经过许多重点工程

考验的B&S系列锚具中的Z15—7。

承压板为组合工字形截面的钢梁。通过弯、抗剪和局部承压验算后的截面尺寸见图(15)

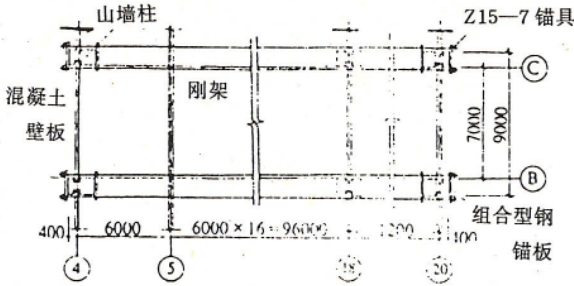


图14:体外预应力加固平面

加固用的钢绞线分4束,每根7根,分别置于两根山墙柱两侧,纵向穿仓而过。为保护钢绞线免遭煤粉的冲刷,采用外包塑料皮的无粘结钢绞线,每束钢绞线外套Φ83mm镀锌钢管,张拉后钢管内灌注水泥浆。由塑料外套、硬化水泥和钢管构成3道防护,阻止煤粉中微酸介质(水分、硫及二氧化碳)的侵蚀。

本工程在100m长的结构中应用无粘结筋作为张力源,用体外预应力进行加

固并使柱子复位。这种方法思路清晰,计算简单,施工方便(有效工期仅20天),节省费用(钢绞线、锚板及吊杆、钢管全部用量约11吨,比仓内钢梁拉结或仓外钢斜撑加固方法节约钢材几十吨),加固复位效果明显。这种加固方法在国内尚属首例,它为结构加固提供了一个很好的实例。

## 6. 结束语

体外预应力技术和体系为工程技术

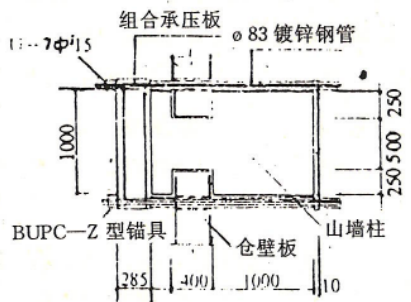


图15预应力锚固节点

人员发展新的结构概念和灵活设计提供了一个新领域,也为预应力混凝土结构施工提供了简便、快捷和经济的施工工艺。在现代结构中,应用领域非常广泛。经过近二十年的发展,在国外,体外预应力技术已从试验研制阶段进入实用阶段。体外预应力技术与传统的桥梁施工方法相结合,为桥梁设计和施工提供了新的机遇。体外预应力用于大跨度层盖结构,使结构受力改善,并能大幅度减轻自重。体外预应力修复和加固结构非常有效、可行。采用体外预应力技术的工程实践已充分证明其优越性,在未来的工程中将会得到广泛的应用。

OVM公司已完成预应力体外索项目基础性研究工作,设计了样品索,由于我公司主要是生产预应力产品,所以预应力体外索项目基础性研究工作主要包括预应力钢材、锚具和防腐系统等方面。天津开发区彩虹大桥系杆就采用OVM公司设计、生产的预应力体外索,并由OVM公司承担施工。天津开发区彩虹桥是天津

市重点工程,也是天津市的重点科研项目。彩虹大桥主桥采用3—160m简支下承式系杆钢管混凝土拱桥,该桥采用拱脚与桥墩完全分离的简支下承式柔性系杆刚性拱结构,为国内首次采用的桥梁结构,其计算跨度160m也是国内下承式柔性系杆拱桥的最大跨度。每片拱肋在拱脚处共设8根高强度低松弛预应力钢绞线钢索,每根钢索由37根直径为 $\Phi 15.24$ ,极限强度为1860MPa钢绞线组成。系杆钢索设置在两片拱肋下的防撞栏杆之间,锚固体于拱脚的墙背。锚具采用OVM15—37T锚具,系杆钢绞线钢索采用高密度聚乙烯护层防护。此外,OVM公司采用体外索施工的工程还有:厦门板头桥旧桥体外索预应力加固工程和广西高峰比松公司4号油库加固工程等。在OVM公司采用体外索设计的桥梁和建筑物以及采用体外索进行旧桥改造和加固工程等方面已具有一定的设计与施工经验。(全文完)

#### 参考文献:

- 1.《EXTERNAL POST—TENSIONING》;
- 2.傅明主编《高效预应力混凝土工程技术》;
- 3.周履《无粘结力筋与体外力筋预应力混凝土桥梁的发展历程与现状》桥梁建设1997—3;
4. FIP1996年5月发表《体外预应力材料及体系建议》。

关永宏:OVM公司技术中心工程师

黄建勋:OVM公司技术中心助理工程师

何锐波:OVM公司技术中心助理工程师