

# 有粘结预应力混凝土 在华新水泥厂熟料库工程的施工应用

⑤  
20-22

栾文彬 马开茂 杨文

TU757  
TU24P.4

**【摘要】** 本文主要介绍了超大直径圆形筒仓工程中有粘结预应力混凝土施工与筒壁滑模施工的相互配合及有粘结预应力混凝土施工在特殊工况下的预应力测试和施工工艺。文中主要介绍了两种工艺的配合、协调及预应力测试方法。

**【关键词】** 超大直径 筒仓 滑模 有粘结预应力 测试 有效应力

混凝土  
水泥

湖北华新水泥厂为解决水泥销售淡季熟料的储存问题，兴建了两座设计容量为7.5万吨的预应力圆形筒仓。筒仓内径40m，预应力混凝土区段壁高37.5m，壁厚0.55m，其规模为亚洲同类建筑物之最。筒壁采用滑模工艺浇筑混凝土，混凝土强度C45。

### 一、设计特点

由于圆形筒仓属特种结构，筒壁在熟料侧向压力、熟料带来的温度应力及各种使用荷载、地震荷载作用下要承受巨大的环向拉应力，这就对结构的安全、抗裂性提出了较高要求。

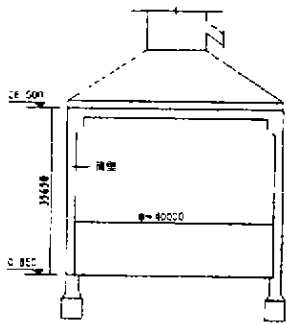
为此，设计时采用了有粘结预应力混凝土结

构，希望通过环向的有效压应力来抵消部分由各种荷载造成的环向拉应力。根据设计，沿筒壁高度布置了114圈预应力筋，每圈分三段，即三分之一120度包角，每束预应力筋由1860级12- $\Phi$ 15.24高强低松弛钢绞线组成，张拉后锚固于沿筒壁均匀分布的6根附壁柱上。为保证有效预应力沿筒壁的均匀分布，上下相邻两束预应力筋在两组附壁柱上错位60度布置，纵向间距250mm~500mm。

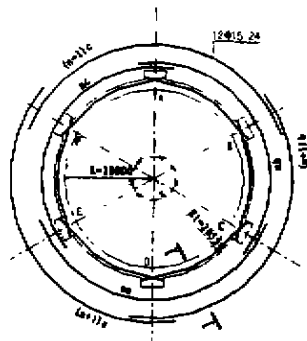
### 二、预应力施工

#### 1. 预应力孔道的留设

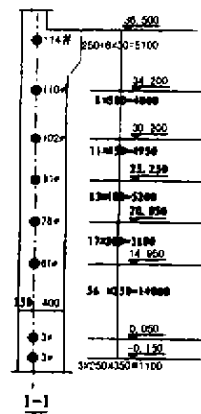
因滑模施工阶段工期紧，各工序穿插进行，



熟料库立面示意图



库壁钢绞线布置示意图



栾文彬、马开茂、杨文：南京三建预应力工程公司

## 特殊结构

相互干扰较大,且浇筑混凝土时筒壁底部压应力较大,为从材料上防止漏浆现象,保证孔道留设质量,本工程预应力孔道采用加厚为0.4mm的钢带在施工现场卷制成 $\Phi 90\text{mm}$ 镀锌金属波纹管成孔。波纹管铺设在非预应力筋专业施工组施工后期即非预应力筋基本成形时进行。为跟上滑模施工的速度,使整个筒仓主体施工不间断地有序进行,我们配合土建单位进行了合理的施工组织设计,并成立了管道铺设作业组,由指定技术员带领。波纹管铺设及时进行,并应尽量一次性保证铺设质量。在铺设过程中,安排专人对波纹管标高及水平支架筋间距等质量指标进行控制。锚垫板的安装是孔道留设的难点,本工程采用“OVM”配套产品,根据波纹管规格,其外口孔径宜在132mm左右。为确保波纹管圆心与锚垫板两圆心三心一线,锚垫板位置需重点控制。本工程中在滑模上焊接固定了两块角钢,两块角钢间距为锚垫板宽度,通过滑模竖直向上的特点来控制锚垫板的水平位置,限制其左右方向上的位移量,标高参照专业测量组标志于竖向钢筋上的记号标定,位置控制好后将其焊接固定于附壁柱钢筋上,从而保证此节点处预应力筋不与波纹管和锚垫板发生额外的摩擦,使预应力筋平滑过渡。如出现偏差,则预应力筋曲线可能在此节点出现折点,增加额外有效预应力摩擦损失。

### 2. 预应力筋的穿束

在上部筒壁混凝土达到C20强度后,采用人工方式依次单根将预应力筋穿入孔道。为便于穿束,我们在浇筑及捣捣混凝土时制定了可靠有效的施工措施,避免对波纹管的不利撞击和损坏,对于极少数由于波纹管少量变形使预应力筋难以穿入的情况,我们采用了用千斤顶适当预紧,调整预应力钢绞线在波纹管中的接触状态的方法进行处理,解决了问题。为保证预应力筋的受力均匀,在穿束时对每一根钢绞线编号,装锚垫板时

一一对应,对号张拉。

### 3. 预应力的测试

#### (1) 测试目的和意义

本工程预应力的张拉控制应力初步确定为 $\sigma_{con}=0.750f_{pk}$ ,即 $0.75 \times 1860=1395\text{Mpa}$ 。根据华东预应力技术联合开发中心资料,在孔道偏摆影响系数 $K=0.0015$ ,曲线摩擦影响系数 $\mu=0.35$ ,取厂家提供弹性模量 $E=2.0 \times 10^5\text{Mpa}$ 的前提下,理论伸长值 $\Delta l=270\text{mm}$ 。

本工程筒仓直径大,钢绞线较长,且包角较大,为亚洲同类工程之最,有效预应力的确定,对工程结构至关重要,并且,经现场实际测定的相关数据必将对类似工程的设计及施工产生实际的指导意义。本工程预应力张拉除采取千斤顶配套油压表读数控制,还通过实测伸长值与理论伸长值相交校核的方法。

为使有效预应力实际建立值与设计值相符,确保结构安全,在随机选定的预应力束中进行钢绞线与波纹管之间的摩擦测试。具体来说,应通过测试达到以下目的。

- a. 确定切合实际的张拉力;
- b. 确定切合实际的张拉伸长值;
- c. 在设定孔道偏摆长度影响系数 $K=0.0015$ 的前提下,确定切合实际的曲线摩擦影响系数 $\mu$ 。

#### (2) 测试方法

世界各国预应力摩擦损失均按下述公式计算:

$$P_x = P_0 e^{-(kx + \mu \theta)} \quad (1)$$

$$\text{则: } \mu = \frac{-\ln P_x / P_0 - kl}{\theta} \quad (2)$$

所不同的是各国根据各自的工艺条件和现场实际情况来确定不同的 $k$ 值和 $\mu$ 值。根据我国的《混凝土结构设计规范》GBJ10-89及其它有关材料, $K=0.0015$ , $\mu$ 在0.25~0.35之间取值。现设定孔道偏摆影响系数 $K=0.0015$ ,确定此条件下的

## 特殊结构

曲线摩擦影响系数  $\mu$ 。

大量的试验研究表明,对有粘结预应力摩擦系数  $\mu$  产生影响的因素较多,主要为:钢材种类、波纹管类型、表面特征及施工质量等。作为已成型的有粘结预应力筋,造成摩擦系数  $\mu$  值波动的主要原因是:施工中埋设绑扎质量、端部锚垫板与钢绞线的垂直度及浇筑混凝土时的侧向挤压力等。

为此,在测试束中穿入加长束,装好工作锚板(不装工作夹片),在两端安装压力传感器。取一端为固定端,在压力传感器后面安装一台标定其被动态的YCW250型千斤顶,缸体打出10cm左右后安装工具锚夹片;取另一端为主动端,在压力传感器后串联两台标定其主动态的YCW250型千斤顶,推紧后安装后面一台千斤顶的工具锚夹片。由于本工程预估算钢绞线一端张拉时伸长为250mm,大于YCW250型千斤顶油缸200mm的行程,需串联两台千斤顶。

安装好千斤顶后分0、0.25、0.5、0.75、1.0  $\delta_{con}$  五级测试。即前顶由0  $\rightarrow$  0.25  $\delta_{con}$   $\rightarrow$  0.5  $\delta_{con}$  加载,后面继续由0.5  $\rightarrow$  0.75  $\delta_{con}$   $\rightarrow$  1.0  $\delta_{con}$  加载,加载至每级荷载时记录主动端,千斤顶配套油压表读数、压力传感读数及被动端千斤顶配套油压表读数、压力传感读数。把所有的两套数据(千斤顶配套油压表读数、压力传感器读数)代入(2)式计算  $\mu$  值,取其算数平均值,即得本工程在滑模施工的条件下预应力曲线摩擦影响系数。

测试后处理出的48个  $\mu$  值中,离散性不大,均可视为有效数据。在选定测试束时,我们有意识的避免选取极少数穿束有困难的预应力束,因其得出的数据并不具备对工程的实际指导意义,达不到测试的目的。

根据本次测试的数据,得出在本工程条件下,  $\mu$  值为0.320。

## 4. 预应力筋的张拉

### (1) 张拉控制应力的确定

根据测试结果,  $\mu$  为0.320,初步确定的张拉控制应力  $\sigma_{con} = 0.75f_{pk}$ , 即1395Mpa,不需要更改。

### (2) 理论伸长值的确定

在本工程条件下  $K=0.0015$ ,  $\mu=0.320$ ,弹性模量  $E=2.0 \times 10^5 \text{Mpa}$  (根据总包单位提供钢绞线材质报告) 计算钢绞线在张拉控制应力下的理论伸长值为278mm。

## 5. 灌浆

### (1) 灌浆的方式

本工程中,由于筒仓较高,砂浆的垂直运输量大且频繁,总包单位塔吊忙于筒仓顶部钢结构安装,我们在灌浆机泵送的极限高度处搭设稳固平台,上置一台灌浆机,由另外一台置于地面的灌浆机将砂浆泵送至平台上灌浆机后再行灌浆。

### (2) 砂浆的配置

为保证砂浆具有较好的流动性,根据以往工程经验及设计要求,采用S25普通硅酸盐水泥及0.33的水灰比,并添加了JM-3型减水剂。在工程应用中效果良好。

## 三、结束语

随着工业的进一步发展,对以圆形筒仓为代表的特种结构的施工设计提出了更高的要求,特殊工艺之间的协调配合成为一个值得工程技术人员研究的方向。在以后类似工程的施工设计中还有很多问题需要完善。比如多工种间的相互协调配合、预应力测试技术的进一步发展和探索等等。我们必将结合工程的实际施工对此作出努力,亦希望有更多的技术人员关注这一领域。

注: 本文原载于2000年5月《第六届后张预应力学术交流论文集》