

# 顶管工程后背墙设计

■方江龙 宋丰文

在顶管工程中,后背墙是一道关键工序。选择合理的双后墙,既可节省人力和物力降低成本,又可确保顶进质量和进度。因此我们必须根据理论并结合顶管施工中的实践,设计出安全适用的后背墙。

后背墙设计包括后背结构和尺寸,它取决于所顶管径的大小和后背土体的被动土压力,其目的是为了考虑在最大顶力条件下保证后背土体不被破坏,以期在顶进过程中充分利用天然的后背土体。

## 一、最大顶力

为了推动管道在土内顺利前进,千斤顶(或称顶镐)的顶力值 $R_f$ 需要克服的顶进阻力包括:管端贯入阻力 $P_A$ ,由垂直土压力施加管壁的法向力 $P_V$ 和水平土压力施加管壁的法向力 $P_X$ 以及管自重 $G$ 共同产生的摩擦力 $\Sigma F$ ,即

$$R_f = P_A + \Sigma F = P_A + f(P_V + P_X + G) \quad \text{公式一}$$

式中: $P_A$ 在工作面土质稳定的情况下,可以先超挖成洞,后顶进时,可以忽略不计。在合肥地区一般取 $P_A = 0$ 。 $f$ 为土的摩擦系数

因此根据所顶管道的顶距( $L$ )、管外径( $D'$ )、每节管重( $G$ )、管顶平均覆土深度( $H$ )就可计算出理论上的最大顶力 $R_{fmax}$ 。

$$\begin{aligned} R_{fmax} &= K[f(P_V + P_X + P_B) + P_A] \\ &= K[f(2P_V + 2P_H + P_B) + P_A] \\ &= K[f(2K_P \cdot \gamma \cdot H \cdot D' \cdot L + 2\gamma(H + D'/2 \cdot D' \cdot L \cdot \lg^2(45^\circ - \varphi/2) + G \cdot L) + P_A)] \quad \text{公式二} \end{aligned}$$

式中 $K$ 为安全系数,一般取 $1.1 \sim 1.2$ , $\varphi$ 为土的内摩擦角(度), $P_V$ 为作用于管顶的垂直土压力;

$P_H$ 为作用于管侧的水平土压力, $K_P$ 为垂直土压力系数,可以通过 $H/D'$ 由图一查出:

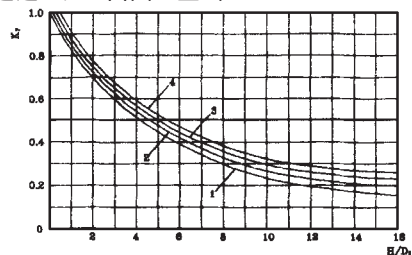


图 1  
1—砂土及耕植土(干燥) 2—砂土、硬粘土、耕植土(湿的,或饱和的);  
3—塑性粘土 4—流塑性粘土。

而在施工过程中,大部分情况都要结合各个地区不同的土质和施工现场状况等综合因素予以考虑。

因为管道在顶进过程中,影响顶力的因素很多,这些因素是相当复杂的,有些是可以预先掌握的,如土的种类、土的物理力学性质、地下水、管顶覆土深度、是否形成卸力拱、管材和管径以及管道流水坡和顶距等等。也有些是事先难以预料的,诸如由于施工不当而产生的轴向偏差,由于设备故障而暂停顶进以及土质突然变化而产生的塌方、土液化、大量涌水和穿越道路振动荷载的影响等。因此只能根据土质情况,施工环境和施工经验,通过经验公式求得最大顶力

近似值 $R_{fmax}$ 。

在顶进钢筋砼管时,其最大顶力可以通过下列经验公式予以估算

$$R_{fmax} = n \cdot G \cdot L \quad \text{公式三}$$

式中: $n$ 土质系数,随土质而变化, $G$ :管节单位长度重量(吨/米), $L$ :顶距(米)。

在合肥地区,由于一般为粘性土或亚粘性土,形成卸力拱,一般取 $n = 1.5 \sim 1.8$ 。但遇特殊土质,如淤泥或流沙以及动荷载影响较大引起严重塌方时,取 $n = 2.5$ 。

## 二、计算出 $R_{fmax}$ 即可进行后背结构和尺寸的设计

后背的最低强度应在设计顶力的作用下不被破坏。并能充分发挥千斤顶的顶进效率,且本身的压缩回弹量为最小。因此,要求后背要有充分的强度,足够的刚度,表面要平直且垂直于顶进管道的轴线以及材质均匀,结构简单装拆方便等特点。

### 1. 后背结构

在合肥地区,由于土质承载力较高(一般为 $20 \text{ 吨}/\text{m}^2$ ),故大部分都是采用原状土承受顶力的天然后背。这类后背主要是安装方木+重型铁轨式占轨+横铁组成装配式后背。通常采用三层 $20\text{cm} \times 20\text{cm}$ 方木(二边横排,中间竖排)+ $50\#$ 重轨+ $40\text{cm} \times 40\text{cm}$ 横铁。其中后背墙与后背原状土之间的缝隙则用C20砼填充。详见图2。

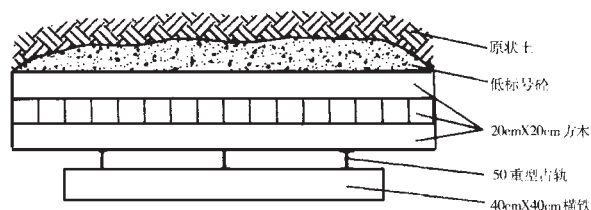


图 2

### 2. 后背尺寸

一般要求后背土体的承载力 $R_c \geq R_{fmax}$ ,

$$\begin{aligned} \text{而 } R_c &= K_s \cdot B \cdot H(h + H/2) \cdot \gamma \cdot K_B \\ &= K_s \cdot B \cdot H(h + H/2) \cdot \gamma \cdot \lg^2(45^\circ + \varphi/2) \quad \text{公式四} \end{aligned}$$

式中: $K_s$ —后背的土抗系数,如果管顶覆土浅,取 $K_s = 0.85$ ,如果管顶覆土深,则 $K_s = 0.5h/H + 1$ 。 $H$ —后背墙高度(米), $B$ —后背墙宽度(米), $h$ —后背墙顶至地面的高度(米), $\gamma$ —后背土的容重。 $K_B$ —被动土压力系数。

#### 2.1 后背的宽度

##### (1) 实践总结

因为如果后背宽度大于工作坑底宽度,在安装和拆除后背墙时会破坏后背相邻两侧坑壁土体,甚至能造成后背相邻两侧土体的塌方,破坏工作坑稳定。

但如果后背宽度小于工作坑底宽度,那么当顶力达到一定值时后背土体会产生一定的变形,形成的往复回弹会影响后背墙两边土体的稳定而形成塌方,从而影响后背墙范围内原状土稳定,导致后背承载力下降。

因此,后背的宽度等于工作坑底宽度有利于工作坑的

# 大直径钢筋“电渣压力焊”技术在池州邮电大楼工程上的应用

■丁宪平

钢筋电渣压力焊属熔化——压力焊范畴。它利用焊接电源在钢筋两端之间产生的电弧熔化钢筋端部及其周围的焊剂而形成的渣池，继而又通过改变焊接电压的方法在钢筋和渣池中形成强大焊接电流，利用电阻热继续熔化钢筋到一定程序后，再以机构方法加以压力，使两个钢筋端头熔为一体，形成光滑、均匀、适量的焊接接头。且有操作简单、质量可靠、成本低、效率高等特点。

池州邮电大楼工程建筑面积约 14500 平方米，框剪结构，该工程钢筋用量约 1300 吨，其中大于 18 的钢筋约 600 吨，竖向受力钢筋最大直径为 22mm。竖向受力钢筋压力焊接接头 8000 余个，为保证焊接质量，采用了电渣压力焊新技术。

## 一、施工准备

1、材料：①平直、干净钢筋端头，如有马蹄形、压扁、弯曲、歪扭等严重变形，用手担切割机或用气焊切割，矫正，以保证钢筋端面垂直于轴线；②焊剂须有出厂合格证，化学性能指标应符合有关规定。在使用前须经恒温 250℃ 烘培 1～2 小时。

机具设备：①电渣焊机；②焊接夹具：具有刚度，使用灵巧，坚固耐用，上、下钳口同心。焊接电缆的断面面积应与焊接钢筋大小相适应；③焊接盒：应与所焊钢筋的直径大小相适应；④石棉绳：用于堵塞焊剂盒安装后的缝隙，防止焊剂盒焊剂泄漏；⑤铁丝球：用于引燃电弧。用 22 号或 29 号镀锌铁丝绕成直径约为 10mm 的圆球，每焊一个接头用一颗。

3、竖向钢筋“电渣压力焊”参数表（右上表）。

## 二、工艺流程及操作要点

安装焊接钢筋→安放引弧铁丝球→缠绕石棉绳装上焊剂盒→装放焊剂→接通电源，“电弧”工作电压 40—45V，

钢筋直径 (mm)	焊接电流 (A)	焊接电压 (V)		焊接通电时间 (S)	
		电弧过程	电渣过程	电弧过程	电渣过程
18	250—300	40—45	22—27	15	15
20	300—350	40—45	22—27	17	5
22	350—400	40—45	22—27	18	6
25	400—450	40—45	22—27	21	6

“电源”工作电压 20—25V→电弧过程形成渣池→电渣过程钢筋端面溶化→切断电源顶压钢筋完成焊接→卸出焊剂拆卸焊盒→拆除夹具→敲掉渣渣→检查质量

1. 焊接钢筋时，用焊接夹分别钳固上下的待焊接的钢筋，上下钢筋安装时，中心线要一致。

2. 安放引弧铁丝球：抬起上钢筋，将预先准备好的铁丝球安放在上、下钢筋焊接端面的中间位置，放下上钢筋，轻压铁丝球，使之接触良好。

3. 装上焊剂盒：先在安装焊剂盒底部的位置缠上石棉绳然后再装上焊剂盒，并往焊剂盒满装焊剂。

安装焊剂盒时，焊接口宜位于焊剂盒的中部，石棉绳缠绕应严密，防止焊剂泄漏。

4. 接通电源，引弧造渣：按下开关，接通电源，在接通电源的同时将上钢筋微微向上提，引燃电弧，同时进行“电弧延时读数”计算电弧通电时间。

“电弧过程”工作电压控制在 40—50V 之间，电弧通电时间约占整个焊接过程所需通电时间的 3/4。

5.“电渣过程”：随着电弧过程结束，即时转入“电渣过程”的同时进行“电渣延时读数”，直至“电渣过程”结束。

“电渣过程”工作电压控制在 20—25V 之间，电渣通电时间约占整个焊接过程所需时间的 1/4。

6. 顶压钢筋，完成焊接：“电渣过程”延时（下转 45 页）

稳定和方便后背的安装与拆除。

$$B = D' + 2b$$

式中 B：工作坑底宽度，D'：管外径，b：工作坑内稳好管节后两侧的工作空间（米）。

当  $D \leq 1400\text{mm}$  时，取  $b = 1.0\text{m}$ ； $D > 1400\text{mm}$  时，取  $b = 1.2\text{m}$ 。

## (2) 理论分析

在合肥地区顶管，一般采用双镐顶进，其着力点高度位于管外直径高度下的 1/3 至 1/4 间，一般取 1/3 处。这样两顶镐之间的间距即后背墙两受力点之间的间距为：

$$2\sqrt{(D'/2)^2 - (D'/6)^2} = \frac{2\sqrt{2}}{3}D'$$

可据此决定后背墙的宽度和工作坑宽度。

现在我们将合肥地区常用的顶管按管径从实践和理论的角度以列表形式进行比较，从中选择合理的工作坑底宽度或者后背墙宽度 B。

管内径 D (mm)	管外径 D' (mm)	D' + 2b ' (m)	1.89D' (m)	后背宽度 B (m)
1000	1200	3.20	2.27	3.0
1200	1440	3.44	2.72	3.0
1350	1620	3.62	3.06	3.5
1400	1680	3.68	3.18	3.5
1500	1800	4.20	3.40	4.0
1600	1920	4.32	3.63	4.0
1800	2160	4.56	4.08	4.5
2000	2400	4.80	4.54	4.5

## 2.2 设计后背高度 H

知道后背宽度 B 后，就可按公式四求出后背所需的最小高度，即设计所要求后背高度 H。□

（作者单位：合肥市市政总公司）

编辑/晓梅