



困难,边坡变形控制也困难;下部砂卵石层,易塌方,成孔也困难。

## 2 设计方案简介

支护工程重点是保证基坑周边建筑物和各种地下管线在基坑开挖及地下结构施工期间的安全使用,设计中除考虑边坡的整体稳定性外,重点强调严格控制边坡的位移变形;为此,在土钉墙中适当布置一至二排预应力锚杆,并采用高压注浆和增加锚杆的强度等措施,同时辅以大量的变形监测工作。

由于各侧边坡地质条件和环境条件差异较大,对基坑的三侧边坡分别采用不同的支护方式:西坡紧邻居民房屋,跨度又较大(75m),为控制边坡变形及达到整体稳定性,设计中加大了侧壁稳定的安全系数,并配一排预应力锚杆来控制位移;北坡车道将承受30~40t的动荷载作用,设计时在车道铺设压实渣土以分散应力,同时增加土钉的长度和密度;基坑南侧距电信大楼13m,其间有十几条各种地下管线,严格控制南坡的位移是设计的关键,为此在南坡设计中也设有一排预应力锚杆,并采用高压注浆等措施。图2为南坡东部某段的土钉墙剖面图。

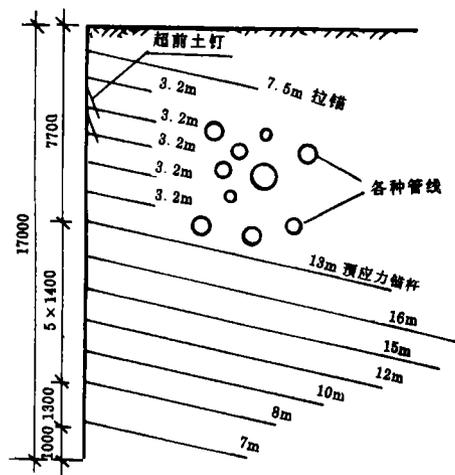


图2 南坡东部某段的土钉墙剖面图

## 3 土钉墙施工

土钉墙支护工艺流程如下:

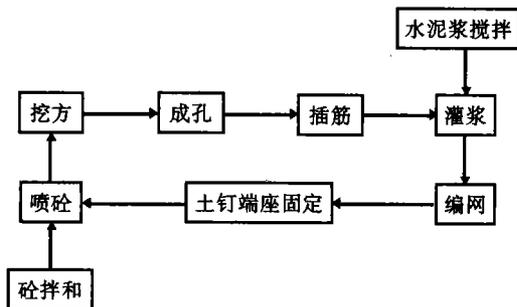


图3 土钉墙支护工艺流程图

### 3.1 土方开挖

土方开挖与土钉施工密切配合,是保证土钉施工周期和质量的重要环节。基槽开挖以机械挖方为主,配合人工削坡修整。土方开挖须满足下述要求:

- (1) 每步机械挖方时,预留30~50cm厚的保护土层;
- (2) 分段分步进行开挖,每步高度为1.2~1.5m,每段长度为15~25m;
- (3) 须待上一步的面板养护期达到后方可进行下步开挖,养护期最少不能短于12小时。

### 3.2 土钉(或锚杆)施工

(1) 成孔。采用人工洛阳铲成孔,孔径130mm,倾角 $8^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 。

(2) 插放土钉(或锚杆)。土钉杆采用1 $\Phi$ 22螺纹钢(部分采用 $\Phi$ 25螺纹钢),预应力锚杆采用2 $\Phi$ 22螺纹钢,杆上每隔2.0m焊接居中支架,插筋时,将注浆管、土钉杆(或锚杆)和封孔布囊绑扎后一起放入孔内,使土钉杆(或锚杆)的端部距孔底10~20cm,杆的端头预留出坡面15cm,插筋过程中如遇塌孔现象,要求必须重新进行清孔。

(3) 注浆。采用孔底压力注浆,注浆压力0.3~0.5MPa,浆液为水泥砂浆,要求浆体材料的强度不低于20MPa。

### 3.3 面板施工

(1) 编网及土钉(或锚杆)端座处理。削坡后现场编网,网片规格为 $\phi 6 @ 200\text{mm} \times$

200mm,用火烧丝绑扎,钢筋接头搭接 $\geq 10\text{cm}$ ,且点焊,网片与坡面距离大于2cm。网片外配 $\phi 16@1200 \sim 1500\text{mm}$ 横向加强筋,加强筋和土钉端头采用直角弯钩焊接。

预应力锚杆挂双层钢筋网,网片外配2根 $\phi 16$ 横向加强筋,同时在锚杆端头上增加2根 $\phi 16$ 竖向钢筋和上下排土钉的横向加强筋联结,锚杆端头采用 $200\text{mm} \times 200\text{mm} \times 20\text{mm}$ 钢垫板与面层板锁定。

(2)喷射混凝土面层。面板强度为C20,喷层厚度普遍为10cm,预应力锚杆处面板厚度为15cm,宽度延至上、下排土钉。

### 3.4 预应力锚杆的张拉

面板到养护期后( $< 48\text{h}$ ),方可进行张拉,锚杆施加预应力为50~80kN。

### 3.5 特殊处理措施

(1)基坑东侧肥槽处理。由于通港大厦基坑沿西单国际大厦西侧外墙皮开挖,因此支护过程中,在基坑东北角和东南角遇到原国际大厦基坑的肥槽,肥槽地带土质松散或杂质太多,人工洛阳铲难以成孔,造成支护困难,后改为人工砸入 $\phi 60$ 的花管,然后管内注浆,以此代替土钉,实际效果良好。

(2)超前土钉处理。基坑南侧部分地下管线离基槽很近(最近达2m),管线与槽边之间的土质较差,自稳性也差,为保证南坡的顺利施工,在这一地带设置了两排超前土钉。即在一排近水平向土钉施工完毕后,在下层土方开挖之前,先作一排近垂向的短土钉,短土钉的上端与刚施工的水平向土钉焊接,下端进入下排水平向土钉施工位置以下约50cm,这排近垂向的短土钉即为超前土钉(见图2),其长度为1.5~2.5m,具体施工方法与正常土钉的施工相同。这样,由于超前土钉的作用,下层土方开挖时,边坡具有一定的稳定性,能减少塌方和变形,同时也能提高土钉墙的面层强度,增加土钉墙的局部稳定性。

(3)边坡渗水处理。由于地下管线漏水及上层滞水的影响,边坡许多地段出现渗

水,尤其在南坡,渗水较严重,为保证工程质量,土钉施工过程中,在边坡渗水地段作适当加强,同时,在渗水带每隔一段距离布置水平孔,插入带孔塑料管,周围填满滤料,将水引出。

## 4 工程监测及抗拔力试验

采用信息施工法,随时对坡体变形、支护体系进行监测,据观测数据及施工具体情况,及时对设计方案进行调整。

### 4.1 坡顶变形观测

#### 4.1.1 观测点布置及观测方法

施工过程中,对边坡坡顶、坡身的水平位移,坡顶及附近建筑物的沉降等进行了观测,尤其对南坡、西坡坡顶的水平位移和沉降进行了密切观测,其观测点布置见图4:

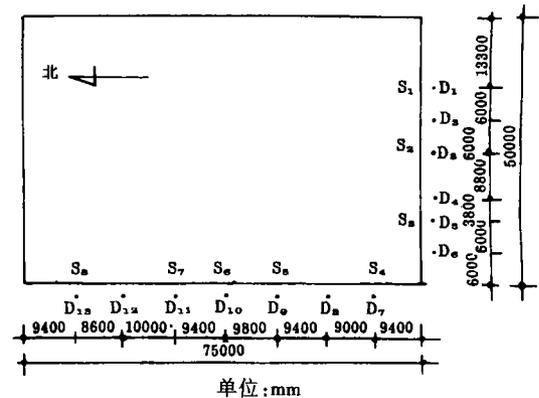


图4 南坡、西坡坡顶变形观测点平面布置图  
 $D_1 \sim D_{13}$  水平位移观测点;  
 $S_1 \sim S_6$ : 地面沉降观测点。

对坡顶水平位移观测采用视准线法,即在各侧边坡平行于边坡方向定一条基准线,随时观测各边坡上的观测点相对于基准线的垂直距离,即可获得各观测点的水平位移,观测仪器采用普通经纬仪。对于坡顶及附近建筑物的沉降值,采用普通水准仪观测各点相对于坡外一稳定点的标高即可获得。

#### 4.1.2 坡体变形及分析

(1)西坡坡顶水平位移。图5为坡体变形稳定后,坡顶的水平位移,西坡中部的水平位移相对较大,最大水平位移为5.0cm,西坡南、北两端的水平位移相对较小,这与理论

分析结果基本一致。

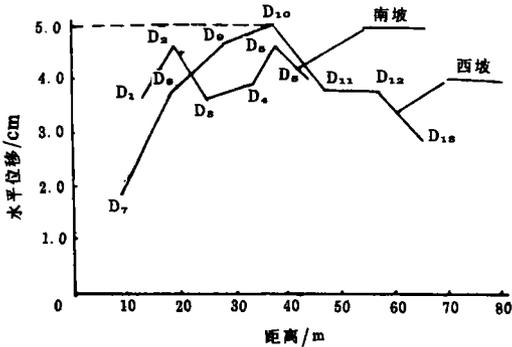


图5 基坑坡顶最终水平位移的平面分布曲线

(2) 南坡坡顶水平位移,见图5。南坡两端部分地段的坡顶水平位移相对较大,从施工情况分析:东端(尤其在D2点附近)由于管线影响,上部土钉普遍偏短(见图2),故坡顶变形较大;西端由于施工期间漏水较严重,导致变形较大,在8月20日,曾发生管线严重漏水,导致D6点的水平位移一日之间增2.0cm。

(3) 坡顶地面沉降。从坡顶地面沉降结果看,坡顶沉降量与其水平位移大体一致,水平位移较大的地带,其坡顶地面沉降也大,反之亦然。

(4) 坡体变形因素分析。从边坡支护的发展趋势来看,边坡支护在要求达到坡体本身稳定的同时,越来越强调控制坡体的变形值。因此,预测和分析坡体变形及其影响因素,显得日益重要。影响土钉墙坡体变形的有以下几个因素:

① 边坡地质条件。对于由土质较差的杂填土、回填土等地层组成的坡体,其变形相对较大,而对于由较密实的砂卵石地层或土质较好的地层组成坡体,其变形相对较小;

② 边坡塌方。在土钉墙的施工过程中,坡体出现的塌方容易使边坡产生较大变形。如7月19日,西坡南半部第三步土方开挖后,遇到大雨,使边坡未及支护地段出现轻微塌方,导致坡顶产生2~3cm的水平位移;

③ 边坡渗水。基坑南坡西端由于地下管线渗漏,导致位移偏大;

④ 基坑南坡东端由于管线影响,上部土钉普遍偏短,坡顶变形较大。

#### 4.2 土钉应力的观测

在基坑西坡及南坡的中部各选定一个剖面设置应力计土钉,共布置了9根应力计土钉;埋设28个应力计。观测结果表明,土钉杆受力均不超过80kN。通过对观测结果的初步分析,认为土钉体的受拉须综合考虑土钉杆和它周围砂浆体的共同作用,土钉杆所受的拉力只是一个方面。

#### 4.3 土钉抗拔力试验

施工过程中分别在粘土层和砂层做了二个抗拔力试验。结果表明,粘土层每米提供的极限抗拔力大于45kN,砂层每米提供的极限抗拔力为90kN。这表明,通过采用压力注浆,可大大提高土钉的抗拔力。

#### 5 结语

(1) 设计时将预应力锚杆与土钉相结合,这有效地控制了坡体的变形;

(2) 在施工人员积极参与下,开发和采用了许多特殊处理方法,从而有效地解决了施工中的许多难题;

(3) 采用信息施工法,根据监测数据随时调整施工方案,使其达到最优;

(4) 通过土方开挖与土钉墙施工的密切配合,可使边坡及时支护,确保施工质量,同时可最大限度地降低支护施工对土方开挖工期的影响;

(5) 随时注意水患,将各种水体对边坡支护的不利影响降至最小;

(6) 边坡加载按要求进行,均匀且分级加载,加载过程中加强变形观测;

(7) 边坡地质条件、塌方、渗水及土钉墙施工质量等是影响坡体变形的重要因素;

(8) 采用压力注浆,可以大大提高土钉的抗拔力。