

# 武汉政和王府花园深基坑支护设计与施工

黄晓琴<sup>1</sup>, 陈 飞<sup>1,2</sup>

(1. 江西省地质工程(集团)公司, 江西 南昌 330029; 2. 中国地质大学(武汉)工程学院, 湖北 武汉 430074)

**摘 要:**针对武汉政和王府花园深基坑极为复杂的地质条件和周边环境,采用桩锚支护、粉喷桩桩侧止水、井点降水的联合支护方案施工,保证了基坑施工和周边建筑物及地下管线的安全,降低了工程成本,缩短了工期,取得了很好的经济效益和社会效益。

**关键词:**复杂地质条件;深基坑支护;桩锚支护;粉喷桩;井点降水

中图分类号:TU473.2 文献标识码:B 文章编号:1672-7428(2007)06-0017-04

**Design and Construction of Deep Foundation Pit Retaining for Wuhan Zhenghewangfu Garden** /HUANG Xiao-qin<sup>1</sup>, CHEN Fei<sup>1,2</sup> (1. Jiangxi Geoengineering Group Corporation, Nanchang Jiangxi 330029, China; 2. Engineering Faculty, China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China)

**Abstract:** Because of complicated geological conditions and neighboring environment in the site of foundation pit of Wuhan Zhenghewangfu Garden, combined supporting method was adopted with pile anchor retaining, shaft sealing with dry jet mixed pile and well point dewatering, so safety was ensured for construction of deep foundation pit, surrounding buildings and underground utilities. Economic and social benefits were achieved with lower cost and shorter construction period.

**Key words:** complicated geological condition; deep foundation pit retaining; pile anchor retaining; dry jet mixed pile; well point dewatering

## 1 工程概况

武汉政和王府花园位于汉口建设大道与黄孝河路交汇处之西北角,拟建建筑物为大底盘多塔楼,总占地面积 16900 m<sup>2</sup>,设 2 层地下室,基坑开挖深度 8.55 m,其中地下室建筑面积 8011 m<sup>2</sup>。地上 31 层,建筑物高度约 100 m,结构类型为框支-剪力墙结构,安全等级为一级。

基坑东面为黄孝河路,距路边 7.0 m,距道路中心线为 22.0 m,其下市政管线密集;南面为建设大道,建筑用地红线距路边 7.0 m,其下为市政管线密集;西侧 7.0 m 为一幢 10 层的住宅楼;基坑西北角为一栋 6 层住宅楼;北侧 3 栋 5~7 层的住宅楼,距基坑边约 16.00 m。

基坑东面和南面管线较多,为市政管线如高压电缆线、水管、通讯电缆等。道路中心为排污箱涵,箱涵底标高为 15.6 m,宽约 6 m,位于道路中心。

## 2 工程地质与水文地质条件

### 2.1 工程地质条件

根据岩土工程勘察报告,场区工程地质情况如

下:

①杂填土,厚度 1.50~4.10 m,灰黑色、杂色,松散,主要由砖渣、砼块、碎石等建筑垃圾组成;

②淤泥质粉质粘土,厚度 2.00~8.60 m,灰褐色、灰色,软塑状态,含少量铁锰氧化物;

③粘土,厚度 1.20~7.00 m,灰褐色、黄褐色,软~可塑状态,含铁锰氧化物;

④粉砂夹粉质粘土,厚度 2.50~18.30 m,灰褐色、灰色,饱和状态,夹粉质粘土薄层;

⑤细砂,厚度 6.60~13.90 m,灰色,中密状态、饱和,粗颗粒主要矿物成分为石英、长石;

⑥细砂,厚度 8.10~15.50 m,灰色,中密状态、饱和,粗颗粒主要矿物成分为石英、长石。

根据中南勘察设计院提供的《政和王府花园岩土工程勘察报告》,并结合《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120-99)以及相似地层深基坑设计、施工经验,基坑支护所涉及的设计参数取值如表 1。

### 2.2 场区水文地质条件及降水设计参数

场区地下水主要为上层滞水和承压水两种类型,上层滞水赋存于第①层填土中,受大气降水和地

收稿日期:2007-03-12

**作者简介:**黄晓琴(1970-),女(汉族),湖北黄梅人,江西省地质工程(集团)公司武汉公司工程师,探矿工程专业,从事地基与基础工程的技术与管理工作,湖北省武汉市硚口区幸福一村 25 号三楼(400030), (027)83793909,62337481, hxq1020@sohu.com;陈飞(1969-),男(汉族),湖南邵东人,江西省地质工程(集团)公司武汉公司经理、高级工程师,中国地质大学(武汉)博士在读,探矿工程专业,13507135268, chenfei1025@tom.com。

表 1 各土层的基坑设计参数

层号	岩土名称	天然重度 $\gamma$ /( $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$ )	粘聚力 $c$ /kPa	内摩擦角 /( $^{\circ}$ )
①	杂填土	18.0	5	20
②	淤泥质粉质粘土	17.5	12	5
③	粘土	18.3	16	7
④	粉砂夹粉质粘土	17.8	10	16
⑤	粉细砂	17.5	0	32

表排水的补给。由于场区填土厚度不大,且成分以粘性土为主,故上层滞水对基坑施工的影响不大。孔隙承压水主要赋存在下部砂类土层中,与长江水有较为密切联系,水量较大。该承压水是影响基坑施工的主要因素之一,如何合理处理承压水,关系到整个基坑的安全运作。

根据孔深为 45 m 完整井抽水试验成果,场区承压含水层平均渗透系数  $k = 20.74 \text{ m/d}$ ,影响半径  $R = 232 \text{ m}$ 。勘察时场区承压水头 16.60 m (绝对标高)。考虑到抽水试验时的条件与实际施工情况有一定的差别,且实际降水含水层平均渗透系数为 15 m/d,影响半径为 230 m,且考虑到施工时为枯水期,在设计计算时,承压水头取 16.60 m。

### 3 基坑特点与基坑设计

#### 3.1 基坑特点

(1) 基坑开挖深度为 8.55 m,开挖深度较大,基坑开挖范围内的坑壁土体为软弱土层,应对坑壁土体采取有效的支护措施,防止软弱土体滑移坍塌,并限制支护结构的侧向位移。

(2) 下部砂土承压含水层厚度大,渗透性强,含水量丰富,承压水头高。在基坑开挖后,坑底隔水层很薄,特别是在电梯井处,隔水层顶板已经挖穿,坑底会产生突涌。

(3) 基坑周边环境较为复杂,要求支护结构必须能够限制土体的侧位移。

根据基坑规定,本基坑安全等级为一级。

#### 3.2 支护体系的设计

本基坑支护体系经计算采用钻孔灌注桩锚支护加喷锚混合支护体系,既可保证基坑壁稳定,又可严格控制变形。基坑平面布置如图 1 所示。

(1) 支护桩选用  $\text{Ø}800 \text{ mm}$  钻孔灌注桩,桩心砼 C30,桩间距 1.20 m,桩顶位于  $-3.90 \text{ m}$ ,桩长 14 m;在钻孔灌注桩外侧采用粉喷桩止水,桩长 7.00 m。

(2) 桩顶设置锁口梁,加强支护体系的整体性,锁口梁顶面标高为  $\pm 0.00$  以下 3.90 m。

(3)  $-3.90 \text{ m}$  以上采用卸土放坡,放坡坡比为

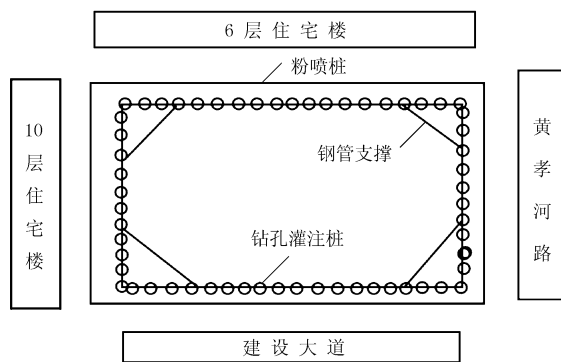


图 1 基坑平面布置示意图

1: 0.5,采用喷锚支护。

(4) 采用锚杆,设置围檩。锚杆设置深度根据各区段变形要求的不同,锚杆直径 150 mm,长度 9 m,倾角  $20^{\circ}$ 。

(5) 采用排、疏、导的方法解决上层滞水危害。

在基坑顶部四周设排水沟一条,疏排地表水,坑壁采用导水管,排泄填土中的地表水。基坑底部四周设置水沟,防止地下水浸泡坑内土体。

基坑支护剖面如图 2 所示。

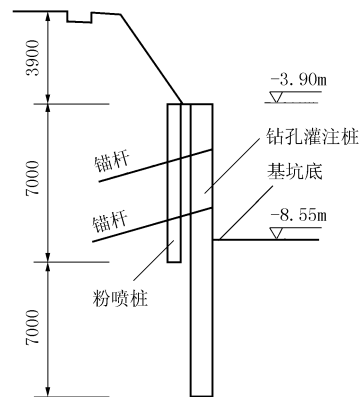


图 2 基坑支护剖面图

### 3.3 基坑降水方案的选择和设计

#### 3.3.1 采用井管降水降低承压水头

基坑开挖后,基坑隔水底板尚存厚度 1.0 m 左右,电梯井开挖时已近穿透隔水底板,因此,本次降水在电梯井承台施工时必须将水位降至  $-12.00 \text{ m}$  以下。

#### 3.3.2 降水井选用中深井

若采用完整井降水,则抽水量相应大增,对基坑及周边建筑物影响较大;若采用浅井降水,因上部渗透性系数相对较小,水力坡度大,又难以达到防范效果。因此选用中深井,即井深 38 m,可以达到预期效果。

#### 3.3.3 设置抽水井和观测井

基坑内主楼区布置 9 口抽水井,而设观测井 3 口,单井日抽水量  $1920 \text{ m}^3$ 。类似场地多年的降水经验,以枯水位起算,每降深 1 m,引起的地面沉降为 0.5 ~ 0.8 cm,与计算结果较为吻合。

#### 4 深基坑支护施工技术措施

##### 4.1 支护桩施工

支护桩排施工宜采用跳打法,砼达到初凝且 1 天后方可施工相邻桩。保证桩长、桩位、桩径满足设计要求,孔底沉渣应小于 10 cm。支护钢筋数量、规格、长度应满足设计要求。主筋搭接长度  $\leq 10d$  ( $d$  为钢筋直径),同一截面积接头面积  $\geq 50\%$ ,且相邻接头错开  $35d$ ,主筋保护层厚度  $\leq 50 \text{ mm}$ 。

##### 4.2 锚杆施工

基坑全面开挖前事先进行张拉试验,试验数量不少于 3 根,调整确定设计参数。钻杆在水平方向误差  $\geq 100 \text{ mm}$ ,垂直方向误差  $\geq 50 \text{ mm}$ ,钻孔偏斜度  $< 2\%$ ,孔深应超过设计深度  $\leq 0.50 \text{ m}$ 。注浆液采用水泥浆,水灰比为 0.45 ~ 0.50。根据情况可掺入适量早强剂,采用二次注浆,第一次注浆压力 0.5 MPa 左右,第二次注浆压力  $\leq 1.0 \text{ MPa}$ ,锚固体强度  $\leq 20 \text{ MPa}$ 。锚固体强度  $> 15.0 \text{ MPa}$  后方可进行张拉锁定。施工中应抽取不少于 1% 的锚杆进行张拉试验。

##### 4.3 降水井施工

降水井采用机械冲击水压法成孔工艺施工,施工机械为 CZ-22 型水文钻机,施工时应注意地层情况的变化,尽量减小泥浆的浓度。降水井施工完成以后应及时进行机械洗井,观测井采用清水洗井,对水位反应不灵敏的观测井不能使用。降水井抽水 30 min 后,含砂量应小于 1/50000,7 天后含砂量应小于 1/100000,否则应停止抽水,重新处理。

现场抽水运行阶段应进行双线路控制,现场配备备用发电机。浇注地下室底板时,在井周边设置止水法兰,并浇注砼以确保井周底板不渗水。降水结束后,根据“以砂还砂、以土还土”的原则进行封井。

##### 4.4 粉喷桩施工

施工程序:粉喷桩机定位、预搅下沉、喷粉搅拌、提升、移位。水泥掺入量为  $50 \pm 5 \text{ kg}$ ,桩体 28 天强度  $\leq 1.0 \text{ MPa}$ 。相邻桩搭接 100 mm,叶片直径 500 mm。在成桩 7 天内钻取加固土样,并根据轻便触探击数对比法判断桩身强度是否符合设计要求。

##### 4.5 土方开挖

基坑开挖用反铲挖土、自卸车运土的方式进行。采用机械开挖时,施工机械不得损坏支护结构及降水井等基坑支护结构,坑底应留 20 ~ 30 cm 余土人工清底,清底至设计标高后应及时铺设垫层,防止基底土体扰动。根据现场实际情况,设置上下基坑通道,表面用砖渣等进行路面硬化。合理布置土方运输通道,避开基坑内降水井和观测井位置。

土方开挖必须和锚杆施工密切配合,减少无支护暴露时间,采用分层分段开挖,每层开挖深度应满足锚杆施工要求,不得超挖。

#### 4.6 道路硬化与地表水、上层滞水处理

##### 4.6.1 地面硬化与地表水处理

该基坑场区地形较为平坦,为了消除地表水对基坑施工的影响,对基坑周边设置排水系统,即坑周边进行地面硬化,修好排水沟,将四周地表水汇入排水沟,排至下水道。基坑周边地面硬化采用 C20 素砼,厚 10 cm 左右。为便于地下水汇集,基坑上边线与排水沟之间应修成反向坡。坑顶排水沟与基坑开挖面应预留一定间距,沟宽 0.3 m,沟深 0.3 m。在排水沟出水处,设  $1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$  沉淀池一个。排水沟与沉淀池沟壁或井壁均采用砖砌筑,50 号砂浆勾缝、抹面。

##### 4.6.2 坑内排水

无论采取何种支护体系,基坑内多少都会进入一定量的地表水和地下渗水,因此在坡脚应设置排水沟、集水井。本场区填土厚度不大,上层滞水量小,但局部仍可能产生渗水,因此,在填土层下段设置一些泄水孔,将其渗水泄排至坡脚处的排水沟中。坑内排水沟设在施工作业面内,宽 0.3 m。沟底比坑底低 0.2 ~ 0.3 m,积水井比坑底低 0.5 m。

##### 4.7 应急措施

岩土工程中往往有许多难以预见的问题,这些问题的出现可能会引起突发事件,必须引起足够的重视,应急措施则是为此而备。如发现边坡土体严重变形,坑顶有连续裂缝且变形有加速趋势,平均连续 3 天每天的水平位移  $> 3 \text{ mm}$  时,则应视为整体滑移失稳的前兆,应立即采取紧急处理措施,如坡底反压,待变形稳定后,采取斜撑,或增设一层螺旋锚,或采用高压注浆加锚杆等措施,确保坑壁稳定。

(1) 当桩锚支护结构变形过大、明显倾斜时,可设置斜撑。

(2) 对变形较大的地段,也可加设一层锚杆,以限制其变形。

(3) 当坑壁渗水时,应及时增设泄水孔,防止地

下水浸泡边坡土体。

## 5 基坑监测

基坑支护采用信息法施工,发现问题及时处理,以确保周边基坑的安全,确保建(构)筑物的安全。基坑开挖前亦对基坑边缘向外 30 ~ 50 m 范围内建筑物设置位移标志、沉降观测标志。

### 5.1 监测内容

(1) 支护桩顶位移及沉降。测量点设置在锁口梁顶部,每 20 ~ 40 m 设一点,用精密水准仪进行沉降观测,用经纬仪观测基坑位移,根据各阶段观测成果绘制沉降  $s$  - 时间  $t$  关系曲线图、沉降  $s$  - 水平位移  $L$  - 距离  $H$  关系展开曲线图。每次观测应记录其沉降、位移量、累计沉降位移量、沉降位移速率。桩锚支护段水平位移限值  $\delta \leq 40$  mm,沉降限值为 100 mm。

(2) 在临近基坑的建筑物应设置沉降观测点进行沉降观测,沉降倾斜限值为 4‰。

### 5.2 监测周期

开挖卸荷阶段观测间隔时间 3 天,其余间隔 7 天。

### 5.3 观测期限

从基坑开挖开始,至基坑回填止。

### 5.4 监测结果

基坑各段累计位移均小于 15 mm,各测点均小于监测控制标准值,整个基坑支护降水系统运行良好。

## 6 结语

武汉政和王府花园深基坑工程在地质情况和周边环境十分复杂的条件下,采用多种支护技术联合应用取得了成功。本基坑工程在城市主干道边、地下管线多、周边有危房且地下水位高的情况下采用桩锚、粉喷桩止水的方案,实践证明是正确的,保证了基坑和周边建筑的安全。信息化施工是基坑施工的重要环节,应掌握支护结构和基坑的情况变化,进行全方位的监控,根据不同情况采取不同的施工措施,使基坑工程处在动态管理之中,本工程因地制宜地选取多种支护结构形式以及进行动态设计和信息化施工是实现基坑工程安全、经济、高效的有力保证。

## 参考文献:

- [1] 编辑委员会. 基坑工程手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 1997.
- [2] 贺礼清. 工程流体力学[M]. 山东:石油大学出版社, 2001.
- [3] JGJ 120 - 99, 建筑基坑支护技术规程[S].
- [4] JGJ 94 - 94, 建筑桩基技术规范[S].
- [5] 黄生根, 张希浩, 黄辉. 地基处理与基坑支护工程[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1999.

(上接第 16 页)

90°,但是,在实际工作中我们只验证了倾角范围在 44° ~ 87°之间的钻孔。与 SGX - 13 型钻塔相比(倾角范围为 73° ~ 90°),工作范围有了很大的改善。

(2) 该塔骨架材料采用了  $\varnothing 71$  mm 无缝管,材质为 40MnVB,副材选用  $\varnothing 38$  mm 45 钢管和 75 mm 45 钢角铁;每节塔身均以焊接制成,每节之间均用 7 个  $\varnothing 18$  mm 螺杆连接;结构紧凑,整体性好,体积小,质量只有 600 kg(SGX - 13 型钻塔自重 3 t),塔高 7.5 m。

(3) 该塔有两种起塔方法:一种为机械式起塔(图 2、图 3),另一种为动力起塔(图 1)。安装前在地面依次将塔连接成功,然后起塔。该塔安装与拆卸非常方便,只需 1 h(安装一座 SGX - 13 型钻塔最少需要 1 天时间)。

## 3 应用效果

该钻塔自 2003 年开始试制加工应用至今,共施工大小钻孔 47 个,完成钻探任务 13201.23 m,完成

最大孔深 364 m( $\varnothing 75$  mm 口径),单绳提升,钻塔稳固可靠;施工最小钻孔倾角 44°,最大钻孔倾角 87°。2005 年 6 月,青海某队引进我们自制的钻塔一台套,为该队在青海某矿区施工了一个 68°的斜孔,打破了该队长年来不能施工小倾角钻孔的记录,受到了好评。该钻塔的成功应用不仅解决了我们的钻探施工技术难题,而且还从很大程度上减少了搬迁工作量,省时省力,仅这一项每年可为我队节约搬迁费用 2 万余元。

该钻塔的成功应用,填补了我队不能施工小倾角钻孔的空白,把我队的钻探施工水平推向了一个新台阶。

## 4 结语

该钻塔开始加工制作时我们采用了梯形体(如图 2、图 3),结构庞大笨重,通过在实际应用中的不断改进和完善,最后将其改造成体积小、质量轻的三角体。实践证明,该钻塔结构紧凑、牢固可靠,拆卸安装简单方便,有推广使用的价值。