

文章编号: 1673-8993(2008)02-0046-04

# 钱江新城两翼“城市阳台”工程 基坑降水设计与施工分析

张祥龙<sup>1</sup>, 陈晓伟<sup>2</sup>

(1. 山东广播电视大学继续教育学院, 山东 济南 250014; 2. 厦门大学现代教育技术中心, 福建 厦门 361005)

**摘要:** 针对杭州钱江新城两翼“城市阳台”工程的基坑具有开挖面大, 场地内地下水位较高, 基坑南侧由于濒临钱塘江而具有极强的补水边界等特点, 探讨和比较了可应用于该场地的基坑降水设计和施工方案。施工效果和现场监测表明, 应用本文所述的降水方案达到了预期效果, 保证了基坑开挖顺利施工。

**关键词:** 基坑; 降水; 涌水量

**中图分类号:** TU 753.66

**文献标识码:** B

## Foundation pit precipitation design and construction analysis for two-flank shaped“urban balcony”project of Qianjiang New City

Zhang Xianglong, Chen Xiaowei

**Abstract:** For the two-flank shaped“urban balcony”project of Qianjiang New City of Hangzhou City, in view of such characteristics as large excavation area for pit foundation, high ground water level within the site, and there is a strong make-up water limit as the south side of the foundation pit faces Qiantang river, the foundation pit precipitation design and construction scheme are discussed and compared. The construction result and the site monitoring showed that by application of the abovementioned precipitation scheme, the expected result was reached, and the smooth excavation and construction of the pit foundation was ensured.

**Key words:** foundation pit; precipitation; water inflow

## 1 工程概述

杭州市钱江新城两翼“城市阳台”工程位于杭州市钱江新城规划区即著名的钱塘江北岸, 为目前杭州市最大的地下空间开发利用工程, 同时亦是杭州市重点工程项目。该工程由

南北两个“城市阳台”和之江路地下通道三部分组成, 总建筑面积约 280 000 m<sup>2</sup>。拟建场地地质条件较为复杂, 主要地层为第四纪饱和粉、砂质土及部分粉质粘土, 各土层地质分布情况如表 1 所示。

该项目基坑工程主要由之江路地下通道工程、管廊和地下车库三部分组成。总开挖宽度约 45 m, 长度约 2360 m, 深度约为 5.5 m。

收稿日期: 2008-02-01

作者简介: 张祥龙(1974-), 男, 工程师。

©1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

表1 场地土层主要物理力学性质指标

土层编号	特征描述	$\gamma / (\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	$c / \text{kPa}$	$\varphi / (^{\circ})$	$k_v / (\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$
①-1	杂填土, 松散, 不均匀, 层厚0.40~5.8 m		10	15	
①-2	淤填土, 灰褐色, 松散, 层厚0.5~4.2 m		8	5	
②-1	砂质粉土, 褐黄色, 稍密, 层厚1.2~6.7 m	19.4	3.2	26.1	3.92E-03
②-2	砂质粉土, 褐黄色, 稍密, 局部中密, 层厚0.7~5.5 m	19.7	7.2	30.0	2.03E-03
③-1	砂质粉土, 灰黄~灰色, 稍密, 层厚0.3~5.7 m	19.5	6.8	30.1	7.75E-04
③-1-1	砂质粉土, 青灰色, 稍密, 部分中密, 层厚0.4~4.30 m	19.3	6.9	29.3	5.0E-04
③-2	砂质粘土, 青灰色~灰色, 稍密, 层厚0.6~7.5 m	19.5	5.5	31.7	5.0E-04
③-3	砂质粉土, 灰黄色, 稍密, 部分近中密, 层厚2.0~5.4 m	19.2	6.5	34.2	5.0E-04
⑤-1	粉砂, 青灰色, 稍密~中密, 层厚1.0~9.3 m	19.8	4.6	32.5	5.0E-04
⑤-2	砂质粉土, 青灰色, 稍密, 部分中密, 层厚0.3~5.3 m	19.4	6.3	30.9	7.5E-04

由于基坑开挖面积较大而场地南侧滨临钱塘江(最近点距大坝不足20 m), 具有较强的补水边界, 这给基坑止水和降水均造成了极大的困难。同时, 场地原始地形地貌中原江堤、水塘、沟渠及旧建筑基础, 随时间变迁现已发展为暗塘、暗浜等不良地质障碍物, 这无疑亦在一定程度上增大了基坑降水设计的复杂性。

## 2 场地水文地质特征

该工程所在区域的第四系覆盖层主要为第四纪始于中更新世晚期( $Q_2^2$ )的堆积层, 而基坑开挖范围内土体则以近代钱塘江冲积沉积的粉砂和砂质粉土为主, 同时含有少量的有机质和云母碎屑。

场地表层地下水主要为第四纪孔隙潜水, 潜水含水层位于地表下1.0 m左右, 含水层厚度约为20 m。该层潜水主要受大气降水、地表水和钱塘江水的补给, 地下水位随季节变化较大, 据相应的水文资料, 丰水期地下水位于地表下0.5 m左右。场地承压水主要位于⑨-2层粉砂、⑨-3层圆砾层中, 承压水头12~15 m左右。

由于场地为渗透性较大的砂性土分布区域, 与周围地表水联系密切, 同时南侧场地距钱塘江较近(最近点不足20 m), 使该侧土体具有较强的补水边界, 因此应特别注意钱塘江水位对场地内地下水位的影响。据水文资料, 钱塘江500年一遇洪水位为9.09 m, 100年一遇洪水位为8.02 m, 平均高水位为4.39 m,

平均低水位3.83 m, 而根据施工前的水位观测, 钱塘江常水位为4.25 m, 涨潮期水位为5.5 m左右。同时, 钱塘江有其特殊性, 即一天有两次涨潮, 并且月初与月中旬有两次大潮汛, 因此施工时尚应考虑大潮时的水位。

## 3 基坑降水方案设计<sup>[1-3]</sup>

如前所述, 由于场地内地下水位较高, 南侧场地距钱塘江较近且未于该侧进行封水或止水措施, 同时根据该工程基坑围护设计, 要求底板混凝土务必赶在钱塘江汛期来临之前浇筑完毕, 整个基坑工程施工工期十分紧张, 因此基坑降水就关系到整个基坑开挖速度和安全, 其方案设计即成为甚为关键的工作。

为满足底板混凝土浇筑和钻孔灌注桩施工的要求, 需将基坑内地下水位降低至最终开挖面以下1.0 m, 平均降深约6.0 m。初步设计时考虑两种方案: 方案一, 沿基坑周围和内部布置井点, 这样可以同时满足基坑开挖和钻孔灌注桩的施工要求; 方案二, 先沿临近新安江路口段和灵江路口段的场地周围布置井点以满足该部分场地基坑开挖需要, 然后在拟建地下通道部分场地增设井点, 随之进行底板抗浮钻孔灌注桩施工。通过对比分析, 并结合场地土质和地下水位变化情况, 最终选择第二套施工方案。其主要依据为: ①拟开挖场面积比较大, 宜进行分段开挖施工; 而南北两侧的地下车库和管廊部分土质相对较好, 其含水层主要是粉砂和粉质砂土, 渗透性较大, 因此对该部

分场地进行井点降水时,其影响范围会迅速扩展至中间的拟建地下通道部分的土体。②当采用全区井点降水时,由于所需降水井数量较多,如果井点布置不当则容易产生井内涌砂现象,而抽水量控制不尽合理,则会造成过大的地面沉降而危及临近大坝的安全,上述两方面原因会使井点布置和施工趋于复杂。

参考既往降水设计和施工经验,当开挖深度在小于 3 m 时,一般只需布置单排井点即可满足基坑降水要求;当开挖深度为 3~4 m 时,需布置双排井点;而基坑开挖深度大于 4 m 时,宜选用两级或多级井点降水方案。该工程基坑平均开挖深度约为 6.0 m,初步选用两级井点降水,考虑到地下通道部分开挖宽度较大而基坑南侧具有较强的补水边界,只在基坑南北两侧布置井点恐不能满足降水要求,故应在地下通道中间增设一排井点。

### 3.1 基坑典型断面的涌水量计算<sup>[4,5]</sup>

根据场地的水文地质条件,考虑到含水层厚度很大,为非完整井基坑,且为无限边界潜水含水层,地下水向潜水非完整井的运动为稳定流,考虑基坑坑壁与基坑坑底同时进水。选取 1+140~1+240 段地下通道断面作为典型计算断面,以估计场地的涌水量。基坑底面高程为 2.72~3.295 m,基坑宽度为 32.5 m。断面基层位于②-2 层,砂质粉土层,土的渗透系数  $k_v$  为 1.75 m/d。

(1) 降水影响半径  $R$ ;

$$\begin{aligned} R &= 1.95 \times S \times (H_0 \times k_v)^{1/2} \\ &= 1.95 \times 5.85 \times (12.67 \times 1.75)^{1/2} \\ &= 53.72 \text{ (m)} \end{aligned}$$

式中  $S$ ——水位降深,经计算为 5.85 m;

$H_0$ ——含水层有效带深度,经计算为 12.67 m;

2) 井点系统的假想半径  $X_0$ ;

$$\begin{aligned} X_0 &= \alpha(L+B)/4 \\ &= 1.14 \times (100+33.5)/4 = 38.04 \text{ (m)} \end{aligned}$$

式中  $L$ ——环围井点系统长度,即断面长度为 100 m;

$B$ ——环围井点系统宽度,即基坑宽度为 33.5 m;

$\alpha$ ——调整系数,当  $B/L=0.335$  时, $\alpha$  取 1.14。

3) 根据裘布依公式:

$$Q = [1.366k_v(2H_0 - S)S] / (\lg R - \lg X_0)$$

则有:

$$\begin{aligned} Q &= [1.366 \times 1.75 \times (2 \times 12.67 - 5.85) \times \\ &5.85] / (\lg 53.72 - \lg 38.04) \\ &= 1818.31 \text{ (m}^3/\text{d)} \end{aligned}$$

4) 每根井点管的极限出水量

$$\begin{aligned} q &= 20\pi d L_r k_v^{1/2} \\ &= 20 \times 3.14 \times 0.048 \times 1 \times 1.75^{1/2} \\ &= 3.99 \text{ (m}^3/\text{d)} \end{aligned}$$

式中  $d$ ——井点管直径,取 0.048 m;

$L_r$ ——滤水层长度,取 1.0 m。

故所需使用井点数量:  $n = 1818.31/3.99 \approx 456$  根,考虑到井点降水靠近钱塘江,因此在降水过程中,地下水将会源源不断地获得钱塘江水的补给,故实际选取井点数量为 500 根。

施工时井点管采用  $\phi 48 @ 1000$  钢管,总长 6.0 m,其中插入坑底 4.0 m,下端滤管长 1.0 m,外包多层滤网,井点管与总管用弯管可靠连接,井点管间距 1.0 m,抽水用真空泵功率 7.5 kW。同时,基坑周边设砖砌截水沟引排地下水,间隔一定距离设足够容积的沉淀池;基坑内采用明沟和集水井方式排水。

### 3.2 基坑降水布置方案<sup>[3]</sup>

井点降水系统按照基坑开挖顺序布设,即先布设新安江路口段和灵江路口段,而后在中间地下通道段布设井点。其中新安江路口段与灵江路口段布置方法相同,井点水经沉淀后全部用水泵排入钱塘江。

新安江路口及灵江路口段布设:井点布设前先把上层土方挖除,然后放线布出井点位置,其中第一级井点标高控制为 6.5 m,第二级井点标高控制为 5.5 m。待降水 4 d 后,从观测孔观测降水位置,如已降到槽底以下 1.0 m,开始挖土方、土钉墙施工及管廊各工序施工。

中间通道段井点布设：将原地面挖至5.0 m标高后放线，该段井点降水与用于基础抗浮的钻孔桩施工同时进行，第一级标高控制为5.0 m，第二级标高控制为4.0 m。当钻孔桩完成量达到一个工作面（即15 d时）后，在通道中间再布设两套井点，离中墙6 m位置两侧各一套，控制标高为3.0 m，4 d后从观测孔测降水位置，如已降至槽底1.0 m时，开始挖除土方，同时对通道底与管廊底标高相差超过1.0 m的地方进行土钉墙加固，至通道混凝土底板浇筑完成。

### 4 结 论

应用本文所述的基坑降水方案，该工程在整个降水过程中，场地内土体沉降均在规范允许范围之内，而基坑南侧临江坝土体变形甚微。整个施工过程未出现任何险情。事实证明，该工程基坑降水方案的选取是合理且切实可行的，从中得出如下有所裨益的结论：

- (1) 该工程场地内地下水位较高，基坑的一侧距补给水源较近，具有很强的补水边界，同时未对该侧场地进行封水，因此基坑降水是整个基坑工程成败的关键，必须要慎重的选择合理的降水方案。
- (2) 该降水设计在充分分析场区内水文地

质条件之后，采用二级井点降水井并动态的加大水位降深，促使降水漏斗范围迅速扩大，从而使基坑降水和用于基础抗浮的钻孔灌注桩可以同时施工，缩短了基础工程的工期。考虑到目前城市中带有地下结构的建筑物日益增多，因此若协调基坑降水和基础桩基施工使其能够同时进行，则可达到缩短工期的目的。

(3) 基坑降水过程中，尤其是场地面积较大同时又存在临近的建（构）筑物时，应密切监测由于降水而产生的土体变形，防止出现过大的地面沉降而危及毗邻建（构）筑物的安全。同时亦应设置水位观测孔对基坑内水位监测，并根据监测结果动态调整工作井数目和控制泵量，有效控制降深，避免对周边环境造成不利影响。

### 参考文献：

- [1] 赵志骥, 应惠清. 深基坑工程设计施工手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999.
- [2] 龚晓南, 高有潮. 深基坑工程设计施工手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998.
- [3] 黄强. 深基坑支护工程设计技术[M]. 北京: 中国建材工业出版社, 1995.
- [4] 钱家欢. 土工原理与计算(第二版)[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1994.
- [5] 施普德. 井水量计算的理论与实践[M]. 北京: 地质出版社, 1977.

(上接第40页)

### 4 结

，1992

[2] ， . [M]. : , 1996.

[3] ， ， ， . [J]. , 2006, (4): 13-16.

[4] ， ， ， . [M]. : , 2003.

[5] ， ， ， . [A]. [C]. : , 2006, (10): 300-306.

[6] ， . [M]. : , 2004.

[1] ， ， ， . [S]. CECS: 90