

# 自渗砂井在深基坑降水中的应用研究

马进森 贾立宏 许锡金 梁绪光

(中航勘察设计研究院, 北京 100086)

**【摘要】**对细颗粒层间滞水水文地质条件下的深基坑降水方法进行了理论分析和设计施工研究,提出采用管井和自渗砂井联合降水的设计施工方法,并在北京市望京地区进行了工程实践,解决了深基坑层间滞水的降水难题。

**【关键词】**场地降水 自渗砂井 层间滞水

**【Abstract】**The dewatering method of deep excavation is analysed in the theory and design and construction under the hydrogeology circumstances with the particle confined water. The dewatering design and construction methods combined by the pipe well and self-seepage sand drain are proposed and experimented at Wangjing District, Beijing. The dewatering puzzle is solved for the confined water of deep foundation pit.

**【Key words】**site dewatering self-seepage sand drain confined water

## 0 前言

随着城市建设的发展,高层建筑的大量兴建,建筑基础越来越深。北京地区普遍存有上层滞水,且水位较高,在深基础施工中几乎都要进行降低地下水位。在有的地层中,砂质粉土及粉、细砂以薄层或透镜体夹于粘土中,构成层间滞水。当基坑较浅,可以采用轻型井点进行围降,由于间隔一般都小于2.0m,其降水效果很好。如基坑深或需要在基坑下进行无水地基处理时,要求将地下水降至地面下10~20m,在这种工程条件下,目前广泛采用管井抽降的方法以解决降深大的难题。利用管井抽降上层滞水是很不合理的,造价高,对降低层间滞水效果很差。

为探求较经济又合理的深基坑降水的方法,我们将自渗砂井与管井抽降方法结合起来,取得了较理想的降水效果和经济效益。

## 1 降水设计的理论分析

北京地区地表下20m深度内,普遍存在

渗透性较好的砂、卵石层,具有一定的厚度,且水位低于其顶板埋深,属潜水型地下水。这对深基坑降水是十分有利的。可利用钻孔沟通上下含水层,使上层滞水导入该层。如果潜水位低于基坑较多,厚度较大,渗透性又较好,上层滞水导入后又能大部分及时排走,其混合水位低于基坑深度时,就能达到自降的目的。如果混合水位高于基坑深度时,可以用管井配合抽降以达到降水目的。由于上层滞水层的渗透性很差,且多以透镜状存在,因而需要较多的沟通通道才能达到好的降水效果。这些可以采用全充料型钻孔通道,既无须下井管,只填砾料,也称自渗砂井。在管井间布置适量自渗砂井,将层间滞水导入管井抽降层中,由管井抽出,会有较好效果。

据初步计算,1个深16~17m的砂井,只相当于2m管井的成本。且免去了水泵和用电的费用。可对降水工作带来较高的效益。

## 2 工程实例分析

### 2.1 工程概况

拟建高望花园住宅小区(8~11号住宅楼)位于朝阳区来广营乡东湖村。场地原为农田,地形基本平坦。

拟建工程包括4栋20~24层住宅楼,各设2层地下室;配套建筑为一个地下停车场,2栋商服楼,1栋电话交接楼,分别设1层地下室。配套建筑分别置于4栋住宅楼之间。因所有建筑拟同时施工,降水方案需将全部建筑物包括在内。围降面积约13796.96m<sup>2</sup>(见图1)。基坑周长约490m。

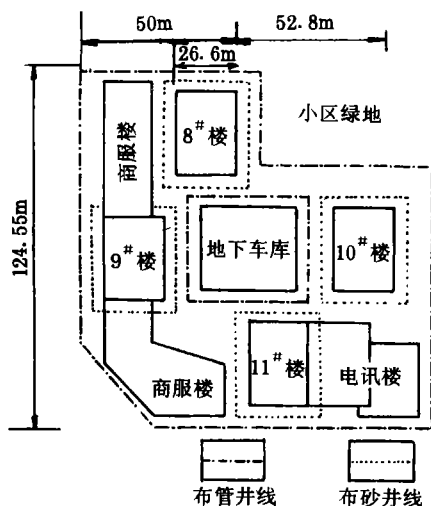


图1 降水井点布置平面示意图

拟建住宅楼基础砌置深度埋深6.7m,地基处理桩尖深度在基础下7.7m,水位须降至桩尖下0.5m,即地下水位须降至地面下14.90m。

### 2.2 水文地质条件

#### 2.2.1 地层岩性及水文地质参数

在降水井深度范围内地层岩性及计算参数取值如下。

①人工堆积层:以粘质粉土、粉质粘土为主,取 $\bar{H}_1=2.35\text{m}$ , $K_1=0.3\text{m/d}$ 。

②粉质粘土、粘质粉土: $\bar{H}_2=9.5\text{m}$ ,取 $K_2=0.2\text{m/d}$ 。

③重粉质粘土、粉质粘土: $\bar{H}_3=1.46\text{m}$ ,

取 $K_3=0.1\text{m/d}$ 。

④粉、细砂层:厚3.80~6.50m,局部相变为砂质粉土, $\bar{H}_4=5.43\text{m}$ ,取 $K_4=7\text{m/d}$ 。

⑤粘质粉土、粉质粘土、重粉质粘土:取 $\bar{H}_5=1.25\text{m}$ , $K_5=0.2\text{m/d}$ 。

#### 2.2.2 地下水概述

埋深在20m深度范围内存在二层地下水。第一层为上层滞水,为大气降水或地表水体补给,受季节性影响较大,勘察期间水位埋深1.10~3.30m;第二层为潜水,主要存在于粉、细砂层④内,初见水位埋深为14.00~15.50m,稳定水位埋深13.5m。

降水施工前,在场地东部的几个基坑正在进行降水,所抽出的地下水全部排入本场地,使得场地内东半部地表积水约达1m,通过人工填土大量注入地下,造成设计前探测两层地下水的混合水位埋深仅1.10m。

### 2.3 降水设计方案

#### 2.3.1 设计思路:

虽然降水施工前因人为因素,地表水大量注入场地内造成整个地层处于饱和状态,在勘察期间非人为因素影响时,埋深14.0m左右的粉、细砂④层的水位较上部滞水层的水位低10.0m以上。粉、细砂④层的渗透性较好,有一定的厚度,水位又低,是深基坑降水可利用的最有利因素,可作为自渗砂井的吸收层和管井集中抽降的主要含水层。

因基坑要求水位降至地面下14.90m,须采用管井抽降方法。上部滞水层的渗透性很差,且大多以薄层或透镜状存在,整个基坑的涌水量并不大。因而采用砂井自渗和管井抽降相结合的方案。管井抽降以解决降深大的难题,砂井自渗以解决上层滞水层加快下降速度的难题。

#### 2.3.2 水文地质计算

2.3.2.1 滞水层排泄量 $Q_1$ 与引渗砂井数量的确定

(1)滞水层排泄量 $Q_1$ 计算

$$Q_1 = \frac{1.366K_{cp1}(2H-S'_1)S'_1}{\lg \frac{R_1+r_0}{r_0}} \quad (1)$$

$$Q_1 = \frac{1.366 \times 0.21 \times (2 \times 10.76 - 10.76) \times 10.76}{\lg \frac{32.3+66.3}{66.3}} = 195.4 \text{ m}^3/\text{d}$$

式中： $H$ ——滞水层厚度；  
 $K_{cp1}$ ——滞水层加权平均渗透系数；  
 $S'_1$ ——疏干层水位降深值；  
 $R$ ——影响半径；  
 $r_0$ ——假想基坑大井半径。

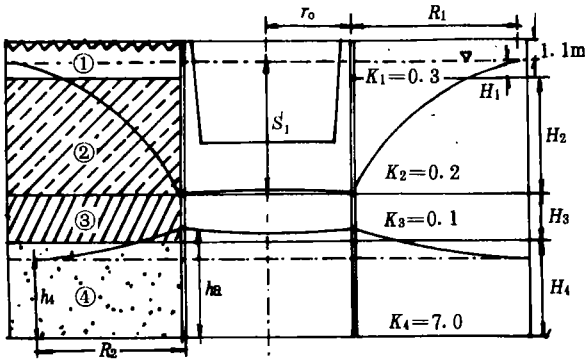


图2 滞水层及混合水头计算示意图

(2) 自渗砂井数量的确定

① 自渗砂井的布设

设砂井沿基坑周边均匀布置， $2a = 3.0\text{m}$ ， $n = S/2a = 490/3 = 163$  (个)，其中  $S$  为基坑周长； $2a$  为井间距。砂井揭穿相对隔水层③进入潜水吸收层④，井半径  $r_c = 0.15\text{m}$ 。

② 自渗砂井的自渗量  $Q_1$  能力

$$Q_1' = 3.14r_c^2 \cdot K' \cdot I = 1.77 \text{ m}^3/\text{d} \quad (2)$$

式中： $K'$ ——自渗砂井填砾的渗透系数；  
 $I$ ——垂向的水力坡度。

③ 自渗砂井的总自渗量

$$nQ_1' = 163 \times 1.77 = 288.5 \text{ m}^3/\text{d}$$

④ 滞水层排泄量与总自渗量权衡

$nQ_1' > Q_1$  说明 163 个砂井可以将上层滞水全部引渗至下部含水层中，并一井用水泵从该层中抽排出基坑。

2.3.2.2 混合水头高度  $h_a$  的计算

混合水头高度  $h_a$  的最大值在非稳定状

态下并非存在于基坑的中心处，而是在基坑周边的井点处，假定基坑疏干层的总排水量  $Q_1$  经过“基坑大井”被下部吸收层④全部吸收，可近似按潜水完整吸收井混合水头公式计算：

$$h_a = \sqrt{h_4^2 + \frac{Q_1 \lg \frac{R_2+r_0}{r_0}}{1.366K_4}} = 5.89\text{m} \quad (3)$$

式中： $h_4$ ——吸收层④从其底板计的水头值；  
 $R_2$ ——吸收层④当降深为 3.0m 时的影响半径。

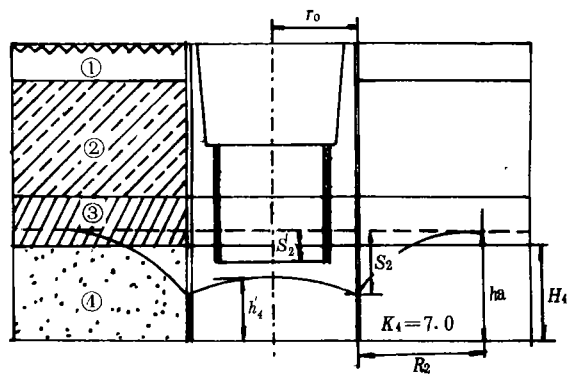


图3 管井抽降计算示意图

由式(3)计算表明，上层滞水引渗入下部含水层④后，将导致该含水层水位上升： $5.89 - 5.25 = 0.64\text{m}$ 。

2.3.2.3 抽水管井设计计算

工程要求将水位降低至地面下 14.9m，即从吸收层④底板计的水头值  $h_4' = 3.85\text{m}$ ，基坑需要抽降的水位降深值  $S_2' = h_a - h_4' = 2.04\text{m}$ 。该降深条件下的基坑排水量  $Q_2$  约为：

$$Q_2 = \frac{1.366K_4(2H_4-S_2')S_2'}{\lg \frac{R_2+r_0}{r_0}} \quad (4)$$

$$Q_2 = 503.1 \text{ m}^3/\text{d}$$

设沿基坑周边按井距  $2a' = 10.0\text{m}$  均匀布置， $n' = 490/10 = 49$  (个)，则分配到每个降水井的出水量  $Q_2' = \frac{503.1}{49} = 10.3 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

在该降深条件下的单井出水能力  $Q_2'$  为：

$$Q_2^* = \frac{ld}{\alpha} \times 24 \quad (5)$$

$$Q_2^* = 13.4 \text{ m}^3/\text{d}$$

式中:  $l$ ——过滤管浸没长度, m;

$d$ ——过滤管外径, mm;

$$h_0 \approx \sqrt{H^2 - \frac{Q_2}{1.366K_4} \left( \lg R - \frac{1}{n} (r_1 \cdot r_2 \cdots r_n) \right)} \quad (6)$$

$$h_0 \approx 3.11 \text{ m}$$

式中:  $r_1, r_2 \cdots r_n$ ——各降水井至基坑中心的距离, m。

计算结果满足设计方案要求。

### 2.3.3 降水方案的确定

拟建场地地层复杂, 滞水层多以层间或透镜状存在, 且渗透性很差。因而需在管井间布设一定量自渗砂井。

虽粉、细砂④层厚度较大, 渗透性较好, 但在平面上相变明显, 经常由粉、细砂相变为砂质粉土。经水文地质计算, 沿基坑四周按井距 10.0m 均匀布置管井 49 口, 井深 20.0m, 井内抽降动水位埋深 16.0m, 基坑中心水头值能够满足设计要求。但因基坑的降水面积大(考虑其他配楼), 含水层的相变明显, 分析降落漏斗难以形成规则的水力坡度。为了加快降水速度和安全起见, 在场地中间地下车库外围增布了一部分临时性管井及在各栋住宅楼基坑一侧距管井 2m 周边布置自渗砂井, 对每栋楼深基坑进行围降。

#### (1) 管井布置及结构情况

整个场地共布抽降管井 64 个, 观测井 6 个, 井深 20m; 井距 10m; 孔径 600mm; 井径及井管: 采用内径 300mm, 外径 400mm 的水泥滤管; 滤料: 砾径 4~6mm 混合料; 洗井采用 6m<sup>3</sup> 空压机, 洗至水清砂净, 井内沉淀不超过 20cm。

#### (2) 自渗砂井布置

拟建场地的南侧为一条污水河, 下渗是必然的, 为此在南侧砂井间距为 2m。在 4 栋楼的四周, 每 3m 布置砂井 1 个。共布置砂井 127 个, 其他配楼位置布置 52 个。整个场地共布置砂井 219 个左右。井深 17.0m; 井径

$\alpha$ ——与含水层渗透性有关的经验系数。

$Q_2^* > Q_2$  说明布设的井数满足降水设计要求。

### 2.3.2.4 基坑中心水头 $h_0$ 预测计算

300mm; 填料为砾径 4~6mm 混合料。

### 2.3.4 实施效果

本工程实际施工管井 70 个, 自渗砂井 215 个。经基坑开挖和地基处理验证: 基坑边坡无渗水, 达到干槽; 地下水位已降至挤密桩施工深度以下, 大部分达到干孔成桩作业。在极个别位置成孔时有微量夹层渗水现象, 经采用在其附近打自渗砂井的方法就可解决了成桩问题。

## 3 结论

(1) 采用管井抽降与自渗砂井相结合的降水方案, 关键是下部要有一定厚度及透水性较好、且水位较低的相对稳定的含水层。在地层条件允许的情况下, 此方案可以节约成本和资源。

(2) 环境水文地质条件的改变, 会直接影响降水效果。本工程接受任务时, 5~7 号楼(紧靠场地北侧)尚无施工迹象。但在 8 号、9 号楼基坑开挖时, 5~7 号楼开始降水施工, 使大量施工用水渗入粉、细砂④层中, 造成观测孔水位上升 1.8m 左右, 水位升至砂层顶板以上, 使得砂井自渗效果降低。5~7 号楼投入抽降后, 水位回降, 影响明显。

(3) 因自渗砂井不能按常规进行洗井工序, 要特别抓好施工质量, 严禁填料时停水。

(4) 自渗砂井不下管, 井口无抽水设施, 可根据需要随意布置, 是其最大优点。

## 参 考 文 献

- [前苏联] И. А. 斯卡巴拉诺维奇. 地下水动力学水文地质计算. 北京: 地质出版社, 1986

收稿日期: 1998-02-19