

# 管井井点降水在基坑工程中的应用

李 岗 谷爱民 张晓伟  
(核工业工程勘察院, 郑州 450002)

**【摘要】** 通过对西北某降水工程实例剖析,介绍了管井降水设计与施工的方法,针对在降水实施过程中出现的问题,重点阐述了采取的一些对策、措施及手段,并总结了管井降水方面的一些经验与教训,提出了几点可行性的建议。

**【关键词】** 管井;降水;基坑工程

**【中图分类号】** TU463

## Application of Dewater Using Pipe Well and Point Well in Foundation Pit Engineering

**【Abstract】** Introducing the design and construction of pipe well dewater, by the instance of a dewater project in northwest China. Aiming at the problems occurred during dewater, expounding some countermeasures and means. Some experiences and feasible suggestions about pipe well dewater are given.

**【Key words】** pipe well; dewater; foundation pit engineering

### 0 引言

随着我国经济建设的迅速发展,城市基础工程正向广、深的方向发展。在基础工程施工过程中,当基坑的开挖面低于地下水位时,土体含水层被切断,地下水便会渗入基坑内,此外,由于下雨或其他原因,可能会在基坑内造成滞留水。因此,在基坑开挖及基础施工过程中,基坑降水常是基础施工的重要保证措施之一。

井点降水属强制式降水,实质上就是在基坑外围布置井点,在井内进行抽水截住地下水渗流,降低地下水位,防止基坑出现流砂、管涌和坑底突涌,减轻基坑壁侧压力,提高边坡稳定性,为基础施工创造条件。

井点降水方法很多,本文通过对西北地区某基坑降水工程的剖析,总结一些管井降水方面的经验与教训,与同行之间进行交流与探讨。

### 1 工程实例

#### 1.1 工程概况

拟建 1<sup>#</sup> 建筑物全长 151.65 m, 宽 15.45~45.0 m, 地上高 36.6 m, 筏板基础。建筑物基坑底标高变化较大, 分为 III 段。I 段: 地下 -2.78 m; II 段: -6.28 ~ -7.98 m; III 段: -12.25 m, 局部 -15.65 m。拟建物地下与 2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup> 建筑相连。基坑开挖采用分级放坡开挖, 坡度为 60°, 降排水工作重点放在 III 段进行。拟建物轮廓及降水井布置见图 1。

#### 1.2 场地水文地质、工程地质条件

##### 1) 地层岩性

拟建场地位于甘肃省河西走廊中部玉门地区, 区域上属祁连山山前中度倾斜老洪积扇群中残留高位洪积扇区, 场地地层主要为第四系下更新统玉门组洪积砾石、上第三系上新统疏勒河组洪积砂土及粘性土, 下伏基岩为前震旦系敦煌群花岗岩片麻岩。场地地层时代老、强度高, 但均匀性差, 地层变化大, 存在大量透镜体、夹层, 且有尖灭现象, 砂层局部存在胶结现

象,客观上给降水工作带来一定困难。

场地地层分述如下:

①砾石:黄褐色,亚圆形,充填混粒砂及少量粘土,层厚 0.7~3.3 m。

②细砂:黄~灰褐色,局部呈半胶结状,夹粘土透镜体或团块,局部在上层面可见 0.15~1.8 m 厚的粘土断续分布,层厚 0.2~7.7 m。

③粘土:浅黄~棕红色,夹细砂透镜体,局部为粉质粘土,层厚 0.2~3.0 m。

④细砂:浅灰~灰色,局部呈轻微一半胶结状,夹透镜状粘土,层厚 1.8~9.7 m。

⑤粘土:棕黄~棕红色,局部夹细砂透镜体,层厚 0.8~7.5 m。

⑥花岗片麻岩:暗灰绿色,强风化层厚度为 0.7~2.2 m,基岩面起伏较大。

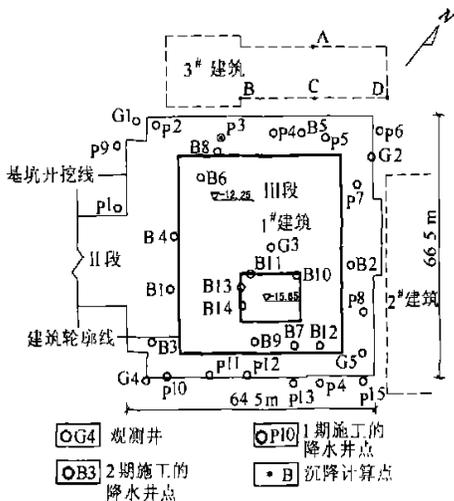


图1 降水井点位置图

## 2) 水文地质条件

场地地下水主要为潜水和少量基岩裂隙水,地下水补给来源主要有两方面:一是大气降水、祁连山融化的雪水和昌马河水通过山前洪积扇的砂砾石层渗入;二是临近厂区的生产、生活用水及管网渗漏等。地下水主流向为北东向,场地地下水水位埋深为 7.9 m。

厂区内含水层主要为第④层细砂,局部为②层细砂,含水层内分布有胶结状砂,并夹有

粘土透镜体,含水介质均匀性较差。场地详勘报告提供的含水层渗透系数  $K=5.2 \text{ m/d}$ 。

## 1.3 降水设计

本场地含水层主要为砂类土,地下水较丰富,降深较大,基坑面积大,降水时间长,针对这些特点,经对多种方法的经济技术对比分析,结合邻近场地的工程经验,选用管井降水。设计管井为完整井,成孔孔径 700 mm,井径 400 mm,设计井深以进入基岩风化层 1.0 m 为准,一般井深为 20 m。

### 1) 基坑总涌水量估算

根据基坑开挖情况,确定基坑面积为  $64.5 \text{ m} \times 66.5 \text{ m}$ ,渗透系数  $K=5.2 \text{ m/d}$ ,地下水埋深 7.9 m,按水位降至 13.0 m 考虑,含水层厚度 9.1 m。

假想大口井半径:

$$r_0 = \sqrt{\frac{F}{\pi}} = 37.0, \text{ m} \quad (1)$$

影响半径:

$$R = 2S \sqrt{HK} = 70.2, \text{ m} \quad (2)$$

引用半径:

$$R_0 = r_0 + R = 107.2, \text{ m} \quad (3)$$

基坑总涌水量:

$$Q = 1.366 K \frac{(2H - S)S}{\lg R_0 - \lg r_0} = 1027.2, \text{ m}^3/\text{d} \quad (4)$$

### 2) 井点数的确定

选各井降深  $S_w=8.0 \text{ m}$ ,当  $n=12$  口井时,每口井流量:

$$q = 1.366 K \frac{(2H - S_w)S_w}{\lg(R_0^2/nr_w r_0^{-1})} = 86.1, \text{ m}^3/\text{d} \quad (5)$$

设计 12 口井总出水量:

$$Q' = nq = 1033.2, \text{ m}^3/\text{d} \quad (6)$$

因此  $Q' > Q$ ,可见当  $n=12$  口井时已满足设计要求。考虑备用井 3 口,实际设计井点数为 15 口。井点沿基坑周边均匀布置,由于受场地条件限制,部分井位适当调整,具体井位见图 1(P1~P15 井),为准确掌握降水时地

下水动态变化,设计5口地下水位观测井(G1~G5井)。

### 3)降水对周围环境的影响

拟建场地周围的2#、3#建筑(见图1)正处于降水影响范围内,水位下降将引起2#、3#建筑的附加沉降。由于2#建筑基坑开挖深度大于本次降水水位降深,并已基本建成,在此不考虑降水对2#建筑的影响。在计算3#建筑降水引起的沉降时,所施工的管井应满足井点降水无大量细颗粒被带走的条件。为此要求管井施工应严格控制成井质量和回

填滤料质量。在降水井长期运行过程中,水内含砂量应控制在小于十万分之一(质量比),同时保证井点连续运转。

降水引起的沉降可用下式估算:

$$s = \Delta p \cdot \frac{\Delta H}{E_{1-2}} \quad (7)$$

式中:s——降水引起的沉降量;

$\Delta p$ ——降水产生的自重附加应力;

$$\Delta p = \frac{\Delta \bar{H} \cdot r_w}{2}, \Delta \bar{H} = \frac{1}{2} \Delta H \quad (8)$$

$E_{1-2}$ ——降水深度范围内土层的压缩模量;

$\Delta H$ ——由抽水引起的该点水位降深。

$$\Delta H = H - \sqrt{H^2 - \frac{Q}{1.366 K} \left[ \lg R_0 - \frac{1}{n} \lg(x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n) \right]} \quad (9)$$

为直观说明降水对2#建筑产生的影响,在2#建筑周边取4个点进行沉降计算,计算结果见表1。

5口观测井施工于1997年9月28日至12月4日全部完成。

### 2)降水实施

降水井内采用潜水泵抽水,用阀门控制单井涌水量。降水实施工作可分为两个阶段:

#### ①基坑开挖阶段

于1998年1月15日开始进行降排水工作,到1月27日15口降水井(P1~P15)全部正式投入运行,同时对各降水井点及观测井进行监测。经监测,发现井点出水量偏小、观测井水位下降速度较慢,经分析,主要有以下原因:

a. 在场地西南侧II、III段基坑连接部位附近,由于受基坑开挖限制,应甲方要求,原拟布置在该地段的井点及基坑中心的一排井点做了调整,场地地下水流向为北东向,该地段正好为III段基坑进水通道,由于井数偏少,不能完全阻挡涌入III段的地下水,影响降水速度;

b. 场地内地层不均匀,含水层内存在大量粘土透镜体,同时砂层也存在胶结现象,起相对隔水作用,阻挡基坑内地下水流入降水井内,影响降水速度;

c. 井点施工与降水环节脱节,井点施工

表1 由降水引起的各点沉降量(A~D)

	A	B	C	D
水位降深 $\Delta H/m$	2.5	4.4	4.3	3.2
沉降量 /mm	1.0	3.3	3.1	1.8

从计算结果看,只要控制降水过程中无大量细颗粒被带走,降水所引起的沉降量很小,不会危及邻近建筑的安全。从实际施工情况来看,降水效果良好,邻近建筑未出现不均匀沉降造成的破坏现象,这说明计算结果是比较合理的。

### 1.4 降水实施

#### 1)管井施工

管井采用SPC-300型黄河钻机施工,孔径 $\phi 700$  mm,泥浆护壁,正循环钻进,钻至设计孔深后,换浆,然后下入井管,为降低造价,同时增大滤水管孔隙率,采用 $\phi 400$  mm钢筋笼外包一层尼龙网、两层铁网作为井管。下管结束后,井管与孔壁间回填 $\phi 1\sim 3$  mm规格滤料,水位以上用 $\phi 2\sim 10$  mm混合砾石充填,成井后,采用化学方法结合机械洗井。降水井(P1~P15)及

完毕后,停了一个多月才进行排水工作,由于停滞时间长,加之部分井点洗井效果不佳,致使井点泥皮过厚,导致部分井点出水量偏小,影响降水效果;

d. 在水位以下粘土与砂层交接面存在部分层间滞水,单纯依靠管井降水无法完全疏干,当该面被揭露后,在滞水处由于流水带走砂土引起小范围边坡坍塌,同时造成基坑内局部泥泞和土质软化,影响基坑开挖工作的顺利进行。

针对以上情况,为加快降水速度,保证基坑开挖顺利进行,采取以下措施:

a. 在Ⅲ段入水通道及含水砂层较厚、观测井水位下降较慢地段补打降水井点,补井工作于1998年2月16日开始,截止1998年4月2日,共完成降水井14口,具体井位见图1(B1~B14)。该批井点边施工边投入运行,同时关闭部分出水量小的井点作为备用井点。

b. 井排辅之以明排水,即在Ⅲ段基坑及小基坑(挖深 $-15.65\text{ m}$ )四周挖设宽约 $1.0\text{ m}$ 的引水沟,深度在开挖平面下 $0.8\sim 1.0\text{ m}$ ,沟内回填卵石作为反滤层,用基坑边缘的降水井点作为集水井,将水抽出基坑排出场地,排水沟随基坑挖深加大而逐步加深,直至设计标高。采用明排水方法,既大大加快了粘土层厚的地段的降水速度,又有效解决了层间滞水的排放问题。

通过采取以上措施,总排水量由原来的 $570\text{ m}^3/\text{d}$ 增至 $1\ 200\text{ m}^3/\text{d}$ ,加快了降水速度,保证了基坑开挖的顺利进行。至1998年4月9日,Ⅲ段基坑开挖工作完成,满足进行下一步工序的施工要求。

## ②降排水维持阶段

随基坑开挖完成,开始基础施工,降排水工作进入维持阶段。由于部分井点位于建筑轮廓线内,为不影响基础施工,又不损坏降水井点,经与甲方协商,采用埋井方法,即将受施工影响的位置关键、出水量大的排水井点埋设在基础底板以下,继续使用,并预留注浆管,等

降排水工作结束后,将水泥浆用高压注浆泵灌入井中,将井全部封填。为保险起见,每个井埋入两台水泵,其中一台作为备用水泵。埋设井点为:B1、B2、B4、B6、B13、B14、P5井。为保证基础施工及回填时明排水引水沟继续使用,基坑开挖完毕后,在引水沟上铺设一层油毡,以保护滤水层,使排水明沟转为地下盲沟继续使用。在降排水维持阶段,逐步关闭一些水量小、井位重叠的井点作为备用井,在后期埋设井点相继失效时,重新启用相应位置的井点。在该阶段,始终保持 $14\sim 16$ 口井的正常运行。

## 1.5 降水监测与管理

在降排水进行过程中,为查明场区地下水动态变化,及时了解降排水效果,在观测井进行长期观测,同时,采用流量计定期量测单井出水量。在降排水初期,还采取水样用特制量筒量测井点出水含砂量。在加强监测的同时,及时对监测资料整理分析,即在降水过程中实行动态管理和施工,发现问题及时解决。

## 1.6 降水效果

在降排水初期,经取样测定井点出水含砂量,均小于十万分之一,在运行过程中各井点出水一直很清,未出现涌砂现象。从实际情况看,降水效果良好,基坑稳定,保证了基坑开挖和基础施工的顺利进行,邻近建筑未发现因降水引起的不均匀沉降而造成的开裂、变形等现象。当基础防水层施工完毕,具备停泵条件后,停止降排水工作。为防止水位回升过快,对基础产生不利影响,有计划地分期分批关泵。停泵工作自2000年7月13日开始,至2000年7月31日结束,整个降排水工作全部结束。

## 2 结 语

本降水工程基坑挖深及面积均较大,降水历时长,且场地地层较复杂,通过工程实践,主要有以下几点体会:

1)应重视成井质量,合理安排施工计划,确保井点施工与降水工作的连续性。井点施

工完毕后应立即投入使用,搁置时间过长,易引起泥皮凝结,堵塞过滤器,大大影响井点出水量。

2)合理选择井位。从降水井点出水量监测情况来看,井点总排水量与计算结果比较吻合,但同样的施工工艺、结构,不同地段井点出水量差别很大,本工程的井点,最小单井出水量为 $16 \text{ m}^3/\text{d}$ ,而最大单井出水量达 $200 \text{ m}^3/\text{d}$ ,降水设计采取均匀布井的方式,效果并不好,主要是由于场地地层不均匀所致。在场地不同地段渗透性差别较大,在粘土层厚、含水砂层很薄的地段,渗透性差,单井出水量小,单纯采用管井降水速度较慢,且存在部分层间滞水,难以完全疏干。从2期井点(B1~B14)施工及运行情况来看,要获得最佳降水效果,应根据地层情况采取不均匀布孔,在含水砂层较厚的地段可加密布孔,充分发挥管井效用;而在粘土层厚、含水砂层薄的地段,可加大井距,并辅之以明排水等手段,效果明显。同时在地下水来水方向,应布置足够数量的井点,以确保能挡住主流向的地下水涌入基坑。此外,由于基坑面积较大,应考虑在基坑中部布置一定数量的井点,可达到尽快疏干地下水的目的。

3)降水井点布置往往与基坑开挖及基础施工存在一定的矛盾,应加强与甲方及开挖方的协调工作,采用井点暗埋也是有效解决矛盾的一种方法。对于出水量大、位置关键的井

点,可采用暗埋的方法,即能保证降水的顺利实施,又不影响基础施工。从实际效果来看,在基础施工的前期,埋设的井点发挥了很大的作用,只要加强管理,一般埋设井点可维持一年多,好的可维持将近两年。

4)由于场地含水介质均匀性差,单纯采用管井降水难以达到完全疏干的效果。本工程采用管井结合明排水,效果良好。由于场地地层强度高,集水井难挖,因此采用部分降水井点兼做集水井,与明排水沟构成环形封闭系统,基坑开挖完毕、基础施工时,明排水沟转为盲沟继续使用。当部分暗埋井点相继失效,该排水沟有效挡住周围水流入基坑,使地下水位始终控制在排水沟面以下,基坑内作业面始终保持干燥。

总体而言,人工降低地下水方法很多,每种方法都有其适用条件及优缺点。由于地层的非均质性、复杂性,基坑降水设计往往与实施情况有较大出入,应在降水实施过程中加强监测与管理,采用信息化施工,根据实际情况,采用一种或多种方法,达到降水的目的。

#### 参 考 文 献

- 1 黄 强·深基坑支护工程技术·北京:中国建材工业出版社,1995.168~182
- 2 常士骧主编·工程地质手册·北京:中国建筑工业出版社,1992

收稿日期:2001-12-17

**本刊2002年2月25日讯** 刊于《岩土工程技术》1999年第2期“桩基承载力概率分析的贝叶斯方法”论文(作者:郑建国,张苏民,吴世明)于2000年入选《中国科协2000年学术年会论文集》,并于近期分获陕西省土木建筑学会优秀学术论文二等奖及陕西省科协第七届自然科学优秀学术论文三等奖。《岩土工程技术》编辑部特向论文的作者郑建国,张苏民,吴世明先生表示祝贺!