

# 深井降水设计与施工若干问题探讨

朱明忠, 施淑芬, 王春雨

(黑龙江省齐齐哈尔矿产勘查开发总院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006)

**摘要:**探讨深井降水布井原则、设计参数的选择与计算等问题;分析深井降水对周围环境的影响并提出防范措施;总结深井降水施工方面的经验。

**关键词:**基坑开挖;深井降水;降深

**中图分类号:** TU46<sup>+</sup>3    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1672-7428(2009)02-0035-04

**Discussion on Design and Construction for Dewatering in Deep Well/ZHU Ming-zhong, SHI Shu-fen, WANG Chun-yu**  
(Heilongjian Qiqihar Institute of Geo-exploration and Mineral Development, Qiqihar Heilongjian 161006, China)

**Abstract:** The paper discussed the principle of well distribution for deep well dewatering, selection and calculation of design parameters; analyzed influence on the environment by deep well dewatering and put forward the preventive measure; and summed up the experience in construction of deep well dewatering.

**Key words:** foundation pit excavation; deep well dewatering; lowering depth

近几年随着城市的开发建设,大城市高层建筑逐渐增多,建筑基础的开挖深度在加深,因此深井降水用途越来越广,但有些单位在降水计算过程中采用的公式不当,或者考虑的因素不周,最终会造成降水的失败,最后不得不增加降水井的眼数,这样既增加了施工费用又耽误了工期,笔者以在深井降水方面的布井原则、参数选择与计算、施工因素等方面的经验来和大家共同探讨与研究。

## 1 深井降水概念

深井(管井)井点,又称大口径井点,系由滤水管、吸水管和抽水设备等组成。具有井距大,易于布置,排水量大,降水深( $>15\text{ m}$ ),降水设备和操作工艺简单等特点。适用于渗透系数大( $20\sim 250\text{ m}^3/\text{d}$ ),土质为砂类土,地下水丰富,降水深度大,施工面积大、时间较长的降水工程应用。

## 2 深井设计

### 2.1 设计计算思路

- (1)将基坑进行等效化为一口大井;
- (2)确定基坑总的涌水量;
- (3)确定单井出水量;
- (4)确定井的数量。

### 2.2 设计参数的确定

#### 2.2.1 设计水位降深

在满足施工要求的时候,应尽量选择较小的水位降深,一般降到操作面下 $0.5\text{ m}$ 即可(有特殊要求的除外),这样可最大程度上避免降水对地层的影响,不至于造成地基承载力的下降。

#### 2.2.2 井深及井径的选择

要想使水位降低至工作面下,可以有2种途径:一种是加大井的直径和井的深度,即增大单井的落差,从而达到使最高水位降至操作面下 $0.5\text{ m}$ ;另一种通过均匀布井,控制单井的落差,使水位均匀降至设计要求。前一种布井少,对地层扰动大,如果建筑物对地基要求高时,此方法不可采用(除非施工后注浆),且此方法对原有建筑物也会带来较大的不利影响;后一种方法可能布井较多,但对地层扰动小,对原有建筑的危害也较小,因此条件允许时应优先选用后一种方法。另外井深还要考虑单井的出水量与施工单位现有的水泵配套。

井深主要是根据水位降深、所需要的单井出水能力、水泵的进水口的位置、含水层的厚度及泥浆淤积深度等因素进行选择。

井径的选择要综合考虑以下几种因素:单井要求的出水量;水泵的直径;当地施工机械及井管的规格,如选用市场常用的规格,价格可能会便宜,对控制成本有益。

#### 2.2.3 渗透系数的选择

渗透系数是降水计算中重要的参数,此参数可

收稿日期:2008-10-07

作者简介:朱明忠(1966-),男(汉族),黑龙江绥化人,黑龙江省齐齐哈尔矿产勘查开发总院岩土工程技术负责人、工程师,勘查技术与工程专业,从事岩土工程施工、地质环境治理项目工程设计工作,黑龙江省齐齐哈尔市建华区中华西路185号,hyshui@163.com。

以从地质报告中选取,但在大面积布井前,须重新验证,或者搜集附近的实际数据作为参考。

### 2.2.4 含水层厚度的取值

含水层的厚度也是一个重要的参数,但地质报告中一般不给出,如果没有地区经验,只能通过综合考虑以往施工经验和降水井的深度及地层的规律来确定。也可事先假定一个数值,按完整井模型,采用使含水层厚度按每1 m的间隔递增,计算总的涌水量,然后按非完整井的模型,以相同的方法计算总涌水量,最终它们会有一个重合点,这样即可以利用这一重合点,并结合以往经验综合确定含水层厚度。

### 2.3 深井降水计算

深井单井计算较为简单,计算结果一般与实际较为吻合。但群井计算结果就会千差万别(群井中单井的出水量)。由于降水时一般要采用一个以上的井,降水井同时抽水时,互相形成干扰,无法以单井的计算来判断水位的降深,得出总涌水量。各个规范或者计算手册上所列公式的计算结果一般相差无几,且物理意义明确,很容易理解,具体施工时可以参看《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120-99)、《建筑与市政降水工程技术规范》(JGJ/T 111-98)或者江正荣的《建筑施工计算手册》。降水施工中最重要的一环是确定单井的出水量。

#### 2.3.1 等效半径计算

##### (1) 矩形基坑

$$r_0 = 0.25u(a+b)$$

式中: $r_0$ ——基坑的等效半径; $a$ 、 $b$ ——分别为基坑的长、短边边长; $u$ ——概化系数。

##### (2) 不规则块状基坑等效半径

$$r_0 = 0.564F^{1/2}$$

式中: $r_0$ ——基坑的等效半径; $F$ ——基坑的面积。

#### 2.3.2 降水影响半径

##### (1) 潜水含水层

$$R = 2S \sqrt{kH} \quad (1)$$

式中: $R$ ——降水影响半径,m; $S$ ——基坑水位降深,m; $k$ ——渗透系数,m/d; $H$ ——含水层厚度,m。

##### (2) 承压含水层

$$R = 10S \sqrt{k} \quad (2)$$

#### 2.3.3 群井总涌水量

##### 2.3.3.1 均质含水层潜水完整井

##### (1) 基坑远离边界时

$$Q = 1.366kS(2H-S)S/\lg(1+R/r_0) \quad (3)$$

式中: $Q$ ——基坑涌水量; $k$ ——渗透系数; $H$ ——潜水含水层厚度; $S$ ——基坑水位降深; $R$ ——降水影

响半径; $r_0$ ——基坑等效半径。

##### (2) 岸边降水时

$$Q = 1.366kS(2H-S)S/\lg(2R/r_0) \quad b < 0.5R \quad (4)$$

(3) 基坑位于两地表水体之间或位于补给区与排泄区之间时

$$Q = 1.366kS \frac{(2H-S)S}{\lg\left\{\frac{2(b_1+b_2)}{\pi r_0} \cos \frac{\pi(b_1-b_2)}{2(b_1+b_2)}\right\}} \quad (5)$$

##### (4) 基坑靠近隔水边界时

$$Q = 1.366kS \frac{(2H-S)S}{2\lg(R+r_0) - \lg[r_0(2b+r_0)]} \quad b' < 0.5R \quad (6)$$

#### 2.3.3.2 非均质含水层潜水非完整井

##### (1) 基坑远离边界时

$$Q = 1.366k \frac{H^2 - h_m^2}{\lg\left(1 + \frac{R}{r_0}\right) + \frac{h_m - l}{l} \lg\left(1 + 0.2 \frac{h_m}{r_0}\right)} \quad (7)$$

##### (2) 近河基坑降水,含水层厚度不大时

$$Q = 1.366kS \left( \frac{l+S}{\lg \frac{2b}{r_0}} + \frac{l}{\lg \frac{0.66l}{r_0} + 0.25 \frac{l}{M} \lg \frac{b^2}{M^2 - 0.14l^2}} \right) \quad b > M/2 \quad (8)$$

式中: $M$ ——由含水层底板到过滤器有效工作部分中点的长度。

##### (3) 近河基坑降水,含水层厚度很大时

$$Q = 1.366kS \left( \frac{l+S}{\lg \frac{2b}{r_0}} + \frac{l}{\lg \frac{0.66l}{r_0} - 0.22 \operatorname{arsh} \frac{0.44l}{b}} \right) \quad b > l \quad (9)$$

$$Q = 1.366kS \left( \frac{l+S}{\lg \frac{2b}{r_0}} + \frac{l}{\lg \frac{0.66l}{r_0} - 0.11 \frac{l}{b}} \right) \quad b < l \quad (10)$$

式中: $Q$ ——基坑涌水量; $k$ ——渗透系数; $h$ ——潜水含水层厚度; $S$ ——基坑水位降深; $R$ ——降水影响半径; $l$ ——过滤器有效工作部分长度; $r_0$ ——基坑的等效半径。

#### 2.3.4 单井出水量

前面已经说明,总涌量各个公式计算结果基本相同,且在实际施工中吻合较好,但单井出水量就难以确定。下面以一个实例来看一下单井出水量的确定。

某一工程地下水位20 m,需降深5 m,井深35 m(有效深度),渗透系数70 m/d,含水层厚度为15 m,管井直径400 mm。

(1) 按《建筑与市政降水工程技术规范》(JGJ/T 111-98)公式进行计算

$$q = (24l'd)/a' = 24 \times 10 \times 400/50 = 1920 \text{ m}^3/\text{d}$$

式中: $q$ ——单井出水量,  $\text{m}^3/\text{d}$ ;  $d$ ——降水井管径, mm;  $l'$ ——淹没部分的过滤器长度, m;  $a'$ ——与渗透系数有关的经验系数。

(2)按《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120 - 99)中给出公式进行计算

$$\begin{aligned} q &= 120\pi r_s l^3 \sqrt{k} & (11) \\ &= 120 \times 3.14 \times 0.2 \times 10 \\ &= 3105 \text{ m}^3/\text{d} \end{aligned}$$

式中: $r_s$ ——过滤器半径, m;  $l$ ——过滤器进水部分长度, m;  $k$ ——含水层渗透系数,  $\text{m}/\text{d}$ 。

(3)按完整井单井出水量计算(无干扰)

$$q = 1.366k'(2H - S)S / [\lg R - \lg(r_1 r_2 r_3 \cdots r_n)]$$

$$\text{计算求得: } q = 3735 \text{ m}^3/\text{d}$$

式中: $q$ ——单井出水量,  $\text{m}^3/\text{d}$ ;  $k'$ ——含水层渗透系数,  $\text{m}/\text{d}$ ;  $H$ ——含水层的原始厚度;  $S$ ——基坑设计水位降深值, m;  $r_n$ ——基坑范围的引用半径, m;  $R$ ——降水影响半径。

从以上3项计算结果可看出,最小的为第一项(与实际最接近),第二、第三项结果相差不多。此工程基坑面积为  $3000 \text{ m}^2$ ,按第一、二项计算结果综合的单井出水量最后布井8口,抽水1周,水位只降了不到2 m。最后布置26口井将水位降到操作面以下。这是什么原因呢?根据几个工程的分析,主要是单井出水量计算误差太大。实际测得平均单井出水量约为  $800 \text{ m}^3$ 。第二项对于干扰井的概念理解不清,当为群井时每个井的出水量就会大为减少,也许在施工时可能个别井出水量很大,但这只能代表一点,不能以此作为计算井数的单井出水量。实际的单井出水量只能用所有井的平均值来代表。但在施工前无法知道平均值的情况怎么计算,方法有2个:第一是在计算的基础上乘以一个小于1的系数;第二是统计以往工程的数值对计算结果进行修正。

### 2.3.5 管井数量确定

用总的涌水量除以单井出水量,再乘以一定的富余系数即可确定,且此富余系数  $< 1.1$ 。

### 2.3.6 布井原则

深井一般沿基坑周围离边坡上缘2 m左右环形布置,施工允许的情况也可在基坑中布置一部分井(这样降水效果更好),井点应深入透水层6~9 m,通常应比所需降水的深度深6~8 m,井距一般为8~15 m,井距太大时降水效果不好,如果计算出的数据使井间距  $> 15 \text{ m}$ ,一般要进行修正。其中要考虑到有些水泵坏时,维修的间隔不能给附近水位造成

过大的提升,也就是说要有一定的富余度。

## 3 降水对周围环境的影响及其防范措施

在降水过程中,由于会随水流带出部分细微土粒,再加上降水后土体的含水量降低,使土壤产生固结,因而会引起周围地面的沉降,在建筑物密集地区进行降水施工,如因长时间降水引起过大的地面沉降,会带来较严重的后果。

为防止或减少降水对周围环境的影响,避免产生过大的地面沉降,可采取下列一些技术措施。

(1)采用回灌技术。降水对周围环境的影响,是由于土壤内地下水流失造成的。回灌技术即在降水井点和要保护的建(构)筑物之间打设一排井点,在降水井点抽水的同时,通过回灌井点向土层内灌入一定数量的水(即降水井点抽出的水),形成一道隔水帷幕,从而阻止或减少回灌井点外侧被保护的建(构)筑物地下的地下水流失,使地下水位基本保持不变,这样就不会因降水使地基自重应力增加而引起地面沉降。

(2)采用砂沟、砂井回灌。在降水井点与被保护建(构)筑物之间设置砂井作为回灌井,沿砂井布置一道砂沟,将降水井点抽出的水,适时、适量排入砂沟,再经砂井回灌到地下,实践证明亦能收到良好效果。

(3)使降水速度减缓。在砂质粉土中降水影响范围可达80 m以上,降水曲线较平缓,为此可将井点管加长,减缓降水速度,防止产生过大的沉降。亦可在井点系统降水过程中,调小离心泵阀,减缓抽水速度。还可在邻近被保护建(构)筑物一侧,将井点管间距加大,需要时甚至暂停抽水。

为防止抽水过程中将细微土粒带出,可根据土的粒径选择滤网。另外确保井点管周围砂滤层的厚度和施工质量,亦能有效防止降水引起的地面沉降。

## 4 降水施工时应考虑的因素

(1)布井时,周边多布,中间少布;在地下补给的方向多布,另一方向少布。

(2)布井时应根据地质报告把滤水器部分处在较厚的砂卵层中,避免使之处于泥砂的透镜体中,而影响井的出水能力。

(3)钻探施工达到设计深度后,根据洗井搁置时间的长短,宜多钻进2~3 m,避免因洗井不及时泥浆沉淀过厚,增加洗井的难度。洗井不应搁置时间过长或完成钻探后集中洗井。

(4)水泵选择时应与井的出水能力相匹配,水泵小时达不到降深要求;水泵大时,抽水不能连续,一方面增加维护难度,另一方面对地层影响较大。一般可以准备大中小几种水泵,在现场实际调配。

(5)降水期间应对抽水设备和运行状况进行维护检查,每天检查不应少于3次,并应观测记录水泵出水等情况,发现问题及时处理,使抽水设备始终处在正常运行状态。同时应有一定量的备用设备,对出问题的设备能及时更换。

(6)抽水设备应进行定期保养,降水期间不得随意停抽。当发生停电时应及时更新电源保持正常降水。

(7)降水施工前,应对因降水造成的地面沉降进行估算分析,如分析出沉降过大时,应采取必要措

施。

(8)降水时应应对周围建筑物进行观测。首先在降水影响范围外建立水准点,降水前对建筑物进行观测,并进行记录。降水开始阶段每天观测2次,进入稳定期后,每天可以只观测一次。

#### 参考文献:

- [1] JGJ 120-99,建筑基坑支护技术规程[S].
- [2] JGJ/T 111-98,建筑与市政降水工程技术规范[S].
- [3] 江正荣.建筑施工计算手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2001.
- [4] 任天培,彭定邦,郑秀英,等.水文地质学[M].北京:地质出版社,1986.
- [5] 编写组.基础工程施工手册(第二版)[M].北京:中国计划出版社,2002.

## 汪民副部长到本刊编辑部慰问

本刊讯 2009年1月23日下午,国土资源部副部长、中国地质调查局局长汪民在中国地质科学院勘探技术研究所慰问期间,专程到探矿工程编辑部进行慰问。

汪部长首先向编辑部全体人员致以新春的问候,祝大家节日快乐!

汪部长拿起一本刚刚出版的2009年第一期杂志翻阅,对勘探所领导、编辑部人员说,这本杂志办得很好,经济效益和社会效益显著,是这个行业的一个品牌杂志。这么多的广告,充分说明杂志的影响力大,得到了行业的广泛认可。

最后,汪部长勉励大家继续办好杂志。

摄影:杨军

