

# 浅谈基坑系统工程的降水及施工管理

全 纪 平

(机械工业部第二勘察研究院 成都 610066)

**【提要】** 本文简述了基坑系统工程的降水及施工管理。

**【Abstract】** The dewatering and construction management in the foundation pit engineering is briefly described in this paper.

随着城市建设的飞速发展,城市用地愈来愈紧张,且价格昂贵。为缓和用地的矛盾,城市建设向空中和地下发展已成为一种必然趋势,各类高层建筑物如雨后春笋,在国内各城市拔地而起。车库、仓储、电梯、配电、消防、用水等设施藏于地下也势在必行,且随着高层建筑物的高度越来越高,要求嵌入地下的深度也越来越大。因此,基坑开挖遇到地下水的问题,基坑边坡稳定问题也愈来愈多。

基坑工程是特殊的岩土工程,是工程勘察技术人员与结构设计人员共同协作完成在指定环境下满足特定要求的项目,是地质工程与建筑工程的结合,它由基坑降水设计与施工、支护工程设计与施工、土方开挖及工程监测等组成,因此可将它称之为基坑系统工程。在这个系统工程中,基坑降水必须先行并一次性成功,否则其他后续工程将难以进行。现以成都地区就基坑降水设计与施工管理浅述如下。

## 1 降水设计与施工

### 1.1 降水设计公式的选取

在自然界,地下水的补给条件和排泄条件是不不断变化的,使得地下水运动常常呈非稳定流运动状态。非稳定流理论能充分反映地下水运动状态随时间的这一变化过程,因而在基坑降水过程中,应用该理论预测基坑范围内地下水位下降值与时间的关系是可行的,故合理选用非稳定流公式进行降水设计较符合实际。

成都地区的主要含水层为第四系冲、洪积砂砾卵石层,富含孔隙水,地下水埋藏较浅,渗透性好,渗透系数均在10m/d以上。在这种地层中开挖深基坑,降低地下水位的工作是不可缺少的。根据含水层的特性,应用管井降低地下水位乃为最佳选择。

从80年代起,我院在成都地区完成近五十余项降水工程任务,降水范围800~12100m<sup>2</sup>,要求降水深度7~17m,管井一般布设在基坑外围紧靠坑壁,基坑形状有线形、圆形、方形、矩形、菱形、不规则多边形等等,均取得了满意的一次性降水成功的效果,为基坑系统工程当好了先行。

用非稳定流公式进行降水设计,一般按下列步骤进行。

(1) 首先必须求出场地的水文地质参数

对于降水工程,很容易满足  $\mu = \frac{r^2}{4at} \leq 0.01$  的条件,故可通过抽水试验用下列公式求出场地的水文地质参数。

如果仅有一个观测井时,可利用同一井 ( $r=C$ ) 两个不同时间 ( $t_1$  及  $t_2$ ) 的水位降深 ( $S_1$  及  $S_2$ ) 数据用式(1)进行计算:

$$\lg a = \frac{S_1 \lg \frac{2.25t_2}{r^2} - S_2 \lg \frac{2.25t_1}{r^2}}{S_2 - S_1} \quad (1)$$

如果有两个以上观测井时,可利用同一时间 ( $t=C$ ) 两个不同井 ( $r_1$  和  $r_2$ ) 的水位降深 ( $S_1$  和  $S_2$ ) 数据用式(2)进行计算:

$$\lg a = \frac{S_1 \lg \frac{2.25t}{r_2^2} - S_2 \lg \frac{2.25t}{r_1^2}}{S_2 - S_1} \quad (2)$$

$a$ 值确定后,则可按式(3)求 $T$ 值:

$$T = 0.183 \frac{Q}{S} \lg \frac{2.25at}{r^2} \quad (3)$$

$$a = T/S, \quad (4)$$

$$K = T/\bar{h} \quad (5)$$

$$\bar{h} = H_0 - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i \quad (6)$$

$$\mu = r^2 \cdot S_y / 4Tt_i \quad (7)$$

式中  $Q$ ——抽水孔抽水量,  $m^3/\min$ ;  
 $S$ ——观测孔水位下降值,  $m$ ;  
 $r_1, r_2$ ——抽水孔与观测孔距离,  $m$ ;  
 $a$ ——含水层的导压系数,  $m^2/\min$ ;  
 $T$ ——含水层的导水系数,  $m^2/\min$ ;  
 $S_y$ ——含水层的释水系数;  
 $H_0$ ——含水层的厚度,  $m$ 。当降水井点为完整井时,含水层的实际平均厚度即为含水层的厚度;当降水井点为非完整井时,则从井底至自然位的厚度近似为含水层的厚度;  
 $\bar{h}$ ——抽水时含水层的平均厚度,  $m$ ;  
 $K$ ——含水层的渗透系数,  $m/\min$ ;  
 $t_i$ ——从开始抽水起算的水位观测时间,  $\min$ ;  
 $S_i$ ——对应于观测时间  $t_i$  的水位下降值,  $m$ ;  
 $N$ ——水位观测次数。

(2) 根据场地已求得的水文地质参数,用公式(8)、(9)、(10)、(11)进行降水孔设计

$$Y_0 = \sqrt{H_0^2 - \frac{Q' H_0}{2n\pi T} \sum_{i=1}^n W(u_i)} \quad (8)$$

$$u_i = \frac{x_i^2}{4at_0} \quad (9)$$

$$nY_0 \geq \frac{Q'}{\varphi'} \geq (n-1)Y_0 \quad (10)$$

$$H = H_w + H_0 + 1.5 \quad (11)$$

$$\varphi = 120\pi r_w \sqrt{K} \quad (12)$$

式中  $Y_0$ ——井点处的水柱高度,  $m$ ;  
 $Q'$ ——基坑涌水量,  $m^3/d$ ;  
 $x_i$ ——各井点中心至某一井点外壁处的距离,  $m$ ;  
 $W(u_i)$ ——井函数;  
 $N$ ——井点数目, 个;  
 $t_0$ ——预期的基坑中心点水位达到设计水位下降值的抽水时间,  $d$ ;  
 $\varphi'$ —— $0.8\varphi$ ;  
 $\varphi$ —— $1m$ 长度过滤器的容许抽水量,  $m^3/d$ ;  
 $r_w$ ——井半径,  $m$ ;  
 $H$ ——钻孔深度,  $m$ ;  
 $H_w$ ——水位埋深,  $m$ ;  
(3) 用公式(13)进行基坑内抽降水位预测

$$(2H_0 - S_i)S_i = \frac{Q'}{2\pi K} \left[ - \sum_{i=1}^n E_i \left( - \frac{r_i^2}{4at_i} \right) \right] \quad (13)$$

式中  $r_i$ ——水位预测点与各井的距离,  $m$ ;  
 $S_i$ ——水位预测点的水位下降值,  $m$ ;  
 $t_i$ ——从抽水开始计算的时间,  $d$ ;  
其他符号意义同前。

可拟订多种布井方案,经过反复计算比较,选择其中工程量少,效果好,经济合理的最佳方案。

## 1.2 井点的施工

依据设计,精心施工。降水井除一般按《供水管井工程施工及验收规范》GBJ—13—66施工外,应根据降水井的任务和目的,在技术要求上作适当调整。

(1) 在第四系砂砾卵石层中凿井, 我院一般采用 CZ-22 型钻机, 十字或一字钻头泥浆护壁钻进, 泥浆密度以  $1100 \sim 1150 \text{kg/m}^3$  为宜, 目的在于既能在钻探时起到提渣和护壁的作用, 又在洗井时易于洗掉孔壁泥皮, 水能从含水层中畅通流入管井内。应使用优质泥浆, 严禁直接向孔内投粘土块。

(2) 降水井属临时性设施, 可根据降水工程总排水量和水位下降值的大小, 降水井的井壁管和滤水管可分别采用壁厚 30mm, 内径 250、300、350mm 的钢筋混凝土管, 既解决问题, 又经济适用。

(3) 降水井抽水的含砂量可适当放宽, 滤管缠丝间隙与填砾适当增大, 以减少进水阻力, 增大井出水量。根据成都地区砂砾卵石含水层的颗粒特征及数十项工程的实践, 填砾粒径以  $5 \sim 10 \text{mm}$  为宜; 若钻孔下段地层, 含粘性土较多, 填砾粒径可放宽到  $10 \sim 15 \text{mm}$ , 分层填砾。填砾厚度保持在 100mm 左右。井水含砂量一般小于 0.01%, 获得较满意的井出水量。

(4) 洗井一定要彻底。除按常规用空压机或空压气——活塞联合洗井外, 每井应用大于或等于降水时所需排水量的抽水设备试抽 8h, 以检验其洗井效果和排水能力。

## 2 施工管理

管理是为生产技术服务的, 管理必须适应生产技术发展的需要。管理的中心是效益, 施工管理主要是为了保证施工质量的全员、全过程的管理。

### 2.1 队伍素质的管理

决定施工质量好坏最活跃、最重要的因素是人。只有具备一流职工素质的队伍, 才能树一流的工作质量, 创一流的产品。施工装备、测试手段又是施工质量的基本保证, 为确保降水工程的成功, 必须对施工队伍进行资质认证。

### 2.2 降水系统的管理

降水系统管理的好坏是决定基坑工程成败的关键。负责降水系统的专门人员应在有备用电源、备用抽水设备的前提下, 按降水设计书中“水位预测”的时间提前连续抽降地下水, 各井的水位、流量、观测孔的水位每天要定时观测记录、分析; 抽出的地下水是否畅通排走, 排水系统有无回渗; 降水管井有无被机具设备撞坏、井口是否封严、杂物能否落入井中等等, 都要日夜检查, 若发现异常要及时处理, 确保降水工作的一次性成功, 以利后续工序的顺利进行。尤其是土方已挖到设计标高, 开始混凝土浇灌以后的日子里, 万不能由于降水系统发生异常, 致使地下水位回升, 因地下水的浮托力顶破已浇注的混凝土基础。如成都大酒店基础施工挖土方阶段, 挖掘机不慎将一降水井挖坏, 不能正常抽水, 地下水位开始回升, 眼看就要影响土方的开挖。指挥部决定立即在坏井旁重新补打一管井, 恢复该井点的降水, 才保证了成都大酒店深基工程的顺利施工。又如四川省财贸管理干部学院主楼深基降水施工过程中, 正值浇注混凝土基础, 发现两观测孔水位非但不下降, 而且慢慢回升, 形势相当危急。经勘查了解发现, 是因基坑外农田灌水栽秧所致。迅速补建两口降水井, 使地下车库顺利施工, 化险为夷, 确保了学院主楼顺利建成。

### 2.3 材料质量的管理

凡工程所需的一切材料必须要有材质化验证明, 大宗砂、石材料应按工程各工序施工技术要求进行验收并分别堆放。各采购供应部门应严把质量关, 保证质量。我院在西南交大牵引动力实验室桩基施工中, 成立了专门的指挥部, 进行了全面质量管理, 除各道工序严把质量关外, 对成桩的三大材料质量进行了严格控制, 拒收了含泥较多的砂、卵石, 使用了经过筛选合格的砂、卵石, 为该实验室顺利建成奠定了基础。

### 2.4 监测

基坑施工前,不但对场地内有无地下电缆、通讯电缆、天然气管道、输水管道等地下设施进行调查,而且对场地四周临近重大建筑物结构、基础埋深、各类地下管线、道路、地面及护坡桩等更应进行调查,并设置监测点。因为在基坑开挖过程中,它们均会不同程度地产生垂直和水平位移。从基坑开挖直至施工结束,根据施工进度,定期逐一进行监测。在监测过程中,一旦测出某建(构)筑物的位移值趋向接近它的破坏极限位移量时,应及时报警,立即采取相应措施,避免重大事故发生,确保施工顺利进行。如四川省政协商贸大厦深基施工时,毗邻数米的四川省机械进出口公司大楼底楼围墙因结构本身存在一定的问题(大楼柱基放在6m以下的卵石层上,围墙基础放较浅的粘土层上),基坑未开挖时,围墙已有多处水平裂缝出现,最宽的已达数毫米。由于采取了护壁桩、降水孔位远离大楼和控制降水井的含砂量等措施,在基坑开挖过程中,对围墙原有裂缝一一作好标记多次进行监测。监测表明:原隙缝虽有发展,但对大楼安全未构成威胁。如今省政协商贸大厦已建成,省机械进出口公司大楼仍安全无恙。由于各种不同建(构)筑物,各类地下管线因材料和结构型式不同,应参照有关资料,根据各

不相同的破坏极限位移量定出相应的极限位移值。通过监测,不断积累这方面的资料,供以后基坑工程参考。

### 2.5 统一指挥

基坑工程从破土开挖到修建至设计地坪正负零,涉及的工序和工种多,彼此之间关系十分密切,工序之间不可逆转或超前,为了协调配合好,有效地运转,必须成立工程指挥部,负责整个工程的统一指挥,协调各工序之间的衔接和各施工队伍之间的关系,以免造成施工紊乱,贻误建设。指挥部成员应有高素质的工程勘察技术人员和结构设计人员,负责协调和施工监督。如在四川省经济管理干部学院主楼深基施工中,我院为施工单位之一,何时降水,何时挖土方,何时验槽,何时浇注混凝土,何时进行沉降观测等等,都是在工程指挥部统一安排下,配合默契,有序运转,使该大楼提前数月封顶。

综上所述,基坑系统工程的首要工序是基坑降水的一次性成功,非稳定流理论符合强行疏干含水层时的地下水运动状态,是进行降水设计首选公式之一。在整个基坑系统工程施工过程中,应在工程指挥部的统一指挥下,加强以质量为核心的全面质量管理,使工程保质保量如期按时完成,加速改革与城市建设的步伐。

(上接第39页)

故在I区特别加强地质条件控制桩孔深度,加密岩渣取样,精确划分强与中风化安山岩深度界线,使桩端下中风化安山岩的厚度尽可能大。不能盲目施工打穿宝贵的中风化安山岩,而使桩端落在粘土岩内,避免造成既不经济又不安全的不良后果。

(4) 桩基施工完成后,对不同桩基持力层有代表性的进行了单桩垂直静载荷试验。试验结果, $d=1200\text{mm}$ 的单桩容许承载力,嵌入中风化安山岩 $1d$ 的为 $8100\text{kN}$ (设计要求为 $8100\text{kN}$ )、嵌入强风化安山岩 $2d$ 的为

$7800\text{kN}$ (设计要求为 $6800\text{kN}$ )、嵌入粘土岩的为 $7200\text{kN}$ (设计要求为 $6000\text{kN}$ ),安全系数为 $\geq 2$ ,累计垂直变形最大为 $3.5\text{mm}$ ,完全满足了设计要求。

### 7. 结束语

在详勘与实际严重不符的情况下,我们通过少量补勘工作,弄清了场地甚为复杂的地质条件,制订了在冲击钻孔条件下用岩渣判别基岩风化程度的标准,使施工得以在正确地质依据指导下顺利进行,使桩长得到合理的控制,为工程缩短了工期,节约了造价,经载荷试验检测,桩基强度满足了设计要求。