

间歇抽水条件下黄土降水的计算模型和参数

夏旺民¹, 郭增玉¹, 李 斌²

(1. 西安理工大学岩土工程研究所, 陕西 西安 710048; 2. 石河子大学水利建筑工程学院, 新疆 石河子 832003)

摘要:通过现场抽水试验及工程降水监测, 分析深厚黄土地下水井流规律, 提出了在间歇抽水条件下黄土降水的计算模型和参数. 将该模型及参数运用于建造在深厚黄土和高地下水位地基上的三原西郊水库大坝施工过程设计和计算中, 结果表明, 该计算模型和参数用于深井降水设计能够满足施工进度要求.

关键词:黄土坝基; 抽水试验; 降水模型

中图分类号: TU444; TU46⁺3

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2005)05-0024-03

Calculation model and parameters for dewatering in deep loess areas under intermittently pumping condition//XIA Wang-min¹, GUO Zeng-yu², LI Bin^{1,2} (1. Institute of Geotechnical Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China; 2. College of Water Conservancy and Architecture, Shihezi University, Shihezi 832003, China)

Abstract: Based on field pumping tests and dewatering monitoring in engineering, the rule of well flux in deep loess areas was analyzed, and the calculation model and parameters for dewatering in loess areas were proposed under the intermittently pumping condition. The model and parameters were applied to calculation and design for the Sanyuan Xijiao Reservoir to be built on the foundation of deep loess with high water table. The result shows that the present model and parameters for dewatering design in deep wells can meet the requirement of the construction schedule.

Key words: loess dam foundation; pumping test; dewatering model

三原西郊水库大坝为渠库结合的均质土坝. 坝址区地层为不同成因、时代的黄土. 该黄土的渗透系数小, 沟底地面分布着不少水池、废弃鱼塘和烂泥坑, 地下水埋深为 1.5 ~ 3.5 m. 要进行坝基处理和防渗墙施工, 在两岸处需降低地下水位 6 m, 在坝基处需降低地下水位 16 m.

坝基降水问题是该工程存在的最大技术难题. 本文通过坝基现场抽水试验, 在揭示黄土坝基降水特性规律的基础上, 提出实用的降水计算模型和参数; 再根据抽水试验开发的成井技术和计算模型, 提出坝基与坝肩两个水文地质单元的降水井方案, 并按工程类比法确定最终的降水方案; 最后, 根据施工过程监测对降水方案进行评价.

1 间歇抽水条件下坝基黄土潜水井的计算模型和参数

1.1 抽水试验的现场条件

根据西郊水库的工程地质和水文地质条件, 坝基部分的试验场选为大坝结合槽外侧, 抽水井和观测井平面布置如图 1 所示.

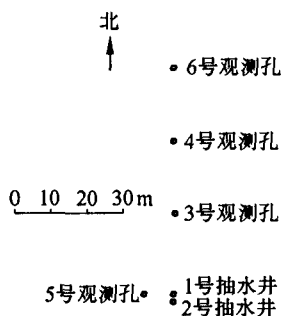


图1 坝基试验井平面布置

抽水设备为 QS15-78/3 型潜水泵, 扬程 78 m, 额定抽水量为 50 m³/h, 抽水量量测用 MC40 型水表. 水位降变化量测用自制电测水位计. 抽水方式为等时间歇抽水, 间歇时间为 1 h. 为使观测孔能用作后期的抽水井, 观测孔和试验井施工成同一结构形式. 井的结构由里向外依次为无砂混凝土滤水管、棕皮、滤料. 其中滤水管内径 38 cm, 壁厚 5 cm; 滤料为粒径 0 ~ 5 mm 和 10 ~ 20 mm 各占 50% 含量的小石子, 层厚 10 cm. 井深 60 m.

抽水井的施工, 根据泥浆护壁原理, 采用自制打井钻机先造孔, 然后洗井, 接着用自制吊装设备下沉

外包棕皮或滤布的混凝土滤水管,完成全井深沉管后,再向井管外填入反滤料.当全井深反滤层形成后,再重新将钻杆插入井底进行二次洗井.

1.2 抽水试验的井流特性

a. 抽水流量自抽水开始大约 10 h 内随时间呈波状衰减变化,其后变为小幅值的平稳变化(见图 2).

b. 同一点水位降深(S)随时间变化为降深按其增长速率不断减小的曲线规律变化(见图 3).

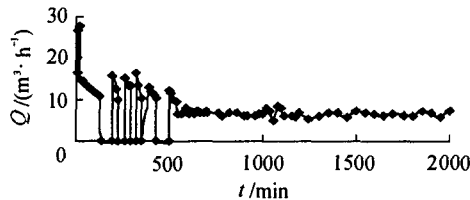


图 2 抽水流量随时间的变化

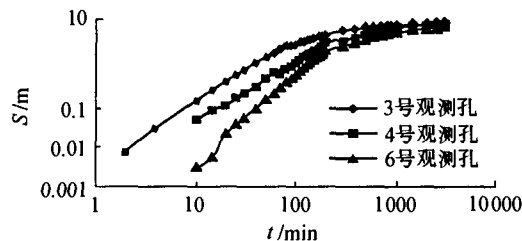


图 3 观测孔水位随时间的变化

c. 同一点水位降深速率随时间的变化为降深速率在抽水开始的短时间内迅速增大到最大值,然后基本按指数规律衰减(见图 4、图 5).

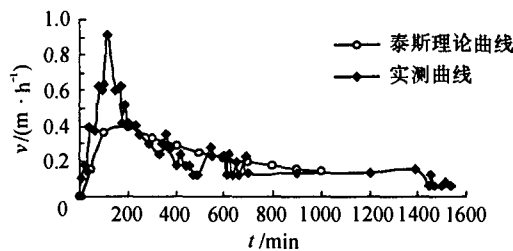


图 4 3号观测孔降深速率随时间的变化

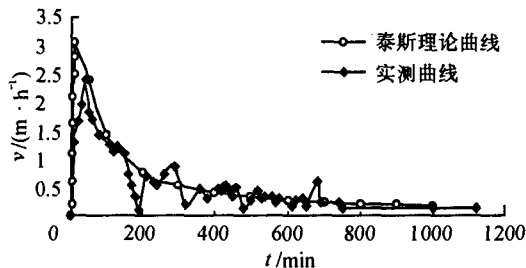


图 5 4号观测孔降深速率随时间的变化

d. 同一时间不同点的水位降深随点井距增大,按一外凸曲线的规律减小,所形成的降落漏斗随着时间增长不断向外扩展,而且漏斗线越来越趋于平行(见图 6).

e. 在抽水过程中抽水井的水跃现象十分显著,水跃值较大,水跃的稳定值随平均抽水流量减小有

减小的趋势(见图 7、图 8).

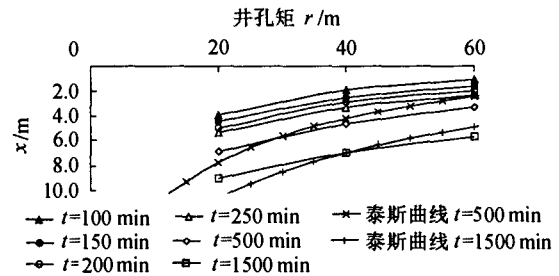


图 6 水位降深随井距的变化

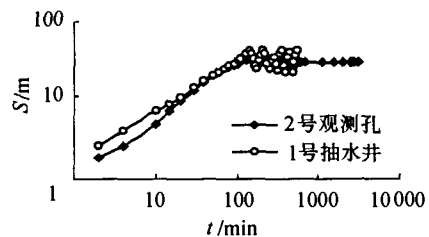


图 7 井与井壁水位随时间的变化

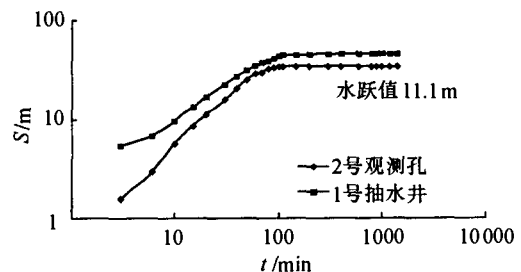


图 8 水跃值随时间的变化

1.3 降水计算模型和参数

为了得到简单实用的模型,视抽水井为完整潜水井,初始地下水位水平,井远离补给边界.当用不同理论的标准量板曲线拟合试验降深曲线时,发现泰斯理论的标准量板曲线有较好的吻合率.再用实测的降深速率-时间曲线,实测的降深-距离曲线与泰斯理论的相应曲线比较,结果表明具有较好的一致性(如图 5、图 6、图 7 所示).于是,降水计算模型可选泰斯模型.模型形式确定后,等效参数确定是另一关键问题.根据经验和本试验资料分析,等效参数的确定方法为:等效抽水流量 Q 取抽水试验时段的平均值;等效渗透系数 k 和等效给水度 μ 可由井孔距 $r < 50$ m 的观测孔所观测资料的平均值确定.等效影响半径 R 可由井孔距 $r < 50$ m 的观测井且抽水时间 $t = 25 r_w^2 \mu^2 / T^{[1]}$ (r_w 为井半径, T 为导水系数)的实测资料计算,即 $R = 1.5 \sqrt{Tt/\mu}^{[1]}$ 计算资料的平均值确定.

间歇抽水条件下黄土潜水井的降水模型为

$$S = \frac{Q}{4\pi T} W(u) \quad (1)$$

式中: S 为 t 时刻距离 r 点的降深值, m; Q 为等效抽水量, m^3/d ; T 为等效导水系数, m^2/d ; $W(u)$ 为井函数,

$$W(u) = \int_u^\infty \frac{e^{-u}}{u} du; u \text{ 为井函数自变量, } u = \frac{r^2 \mu}{4Tt}.$$

坝基黄土的模型参数为:渗透系数 $K = 0.0138 \text{ m/d}$, 给水度 $\mu = 0.00058$, 影响半径 $R = 250 \text{ m}$.

2 坝基施工降水井方案计算

坝基施工降水井布置方案如图9所示.该降水方案借鉴类似工程经验和参考抽水试验的部分成果,如井的结构和成井工艺、存在水跃现象、水位降落快等定性认识,提出的偏于保守的应急方案.井深为55~65 m.

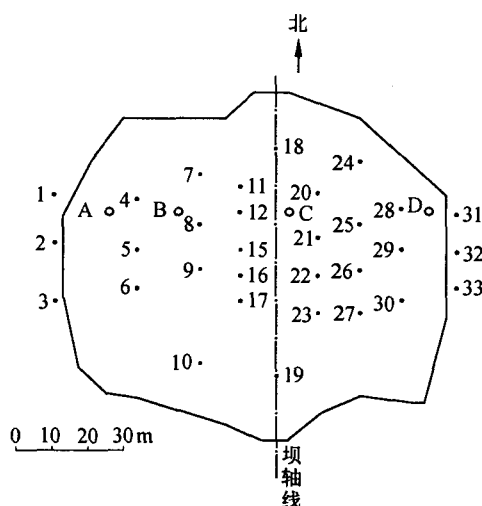


图9 坝基试验井的平面布置

为了进一步总结经验,按本文建议的降水模型和参数对原施工降水方案进行了核算.计算方法如下:

a. 按潜水完整井稳定流抽水的裘布依公式,在已知各井井水位降深(S_w)时计算群井各井的干扰抽水流量,即

$$S_{wi} = \frac{1}{2.73 km} \sum_{j=1}^n \left[Q_j \lg \frac{R}{r_{ij}} \right] \quad (2)$$

式中: S_{wi} 为第*i*井的水位降深,m; Q_i 为第*i*井的干扰抽水流量, m^3/d ; R 为井的影响半径,m; k 为渗透系数, m/d ; m 为含水层平均厚度,m; r_{ij} 为*i*井到*j*井之间的距离,m.

b. 以群井各井的上述干扰抽水流量为已知量,用本文建议的非稳定流抽水的等效泰斯公式计算降水区控制点不同时间的降深.若控制点计算降深略大于控制降深,则认为这一抽水时间为该布井方案下的超前抽水时间.降水计算公式^[1]为

$$S_A = h_0 \sqrt{h_0^2 - \frac{1}{2\pi k_i} \sum_{i=1}^n Q_i W\left(\frac{r_i^2 \mu}{4Tt}\right)} \quad (3)$$

式中: S_A 为降水区控制点降深,m; h_0 为初始地下水位,m; Q_i 为群井中第*i*井的干扰抽水流量, m^3/d .

取群井计算参数如下:初始水位为398.0 m,平均含水层厚为39.46 m,井底高程为341.7 m,渗透系

数为0.0138 m/d,水泵下落高程为351.7 m,给水度为0.00058,水跃值为10.0 m,影响半径为250 m.降水计算结果如表1和表2所示.由表1和表2可以看出:①在该施工降水井方案下,只需抽水1 d,地下水位就可以降到施工控制水位以下,并使坝基处理区高含水软土得到更多的疏干时间.②原施工降水方案井深偏大,井距偏小,应进一步优化,以便使其技术性、经济性更合理.

表1 控制点降深计算结果 m

控制点	控制降深	降深计算结果		
		抽水0.7 d	抽水1.0 d	抽水1.5 d
A	8.0	10.80	14.52	18.90
B	8.0	11.74	15.29	21.20
C	16.0	11.60	16.13	21.78
D	8.0	11.68	15.04	20.14

表2 抽水时各单井的干扰抽水流量 m^3/d

井号	干扰抽水流量	井号	干扰抽水流量	井号	干扰抽水流量	井号	干扰抽水流量
1	88.84	9	17.28	19	73.46	27	35.68
2	69.93	10	46.73	20	24.18	28	35.65
3	89.21	11	29.97	21	12.52	29	26.37
4	50.35	12	17.64	22	14.73	30	34.58
5	30.51	15	8.34	23	28.47	31	68.32
6	45.16	16	12.87	24	50.53	32	55.77
7	42.99	17	20.65	25	18.67	33	71.81
8	16.44	18	58.17	26	19.57		

3 降水方案的实施效果

a. 当群井抽水2 d时,实测结合槽处水位已降到控制高程386 m以下.

b. 当群井抽水102 d,即1999年11月26日,坝基开挖至建基面高程392 m时,测得建基面土的含水量为16%~20%;当抽水34 d,即1999年12月28日,结合槽开挖至槽底设计高程386 m时,测得槽底土的含水量均小于22%.

c. 本文方案的实施完全满足坝基处理施工进度要求.

4 结 语

通过现场抽水试验及工程降水监测,首先揭示在间歇抽水条件下黄土弱含水厚潜土层深井降水的降水特性,然后在综合分析论证的基础上提出了计算精度较高、较合理的修正泰斯模型及其参数确定方法,并用此模型对三原西郊水库的坝基降水方案进行设计和计算.施工过程和监测结果表明,这一降水方案能够满足坝基处理施工进度要求.

参考文献:

- [1] 金为芝,史文仪.供水水文地质学[M].上海:同济大学出版社,1989.179—180.

(收稿日期:2004-08-16 编辑:高建群)