

深基坑三维降水分析的应用研究

胡 欣

天津大学建筑设计规划研究总院有限公司 天津 300192

摘 要：在天津市区沿海河边，基坑挖深21.4~23.2m，埋深20.0m~42.0m段分别有第1及第2承压含水层，42m以下有约10m厚的相对隔水层。基坑设计时采用46.1m深地连墙隔断承压含水层，坑内设置31~36m降水井进行降水，本文通过建立三维降水模型分析在降水深度范围内承压含水层被止水帷幕截断的情况下，深基坑降水对周边环境是否有影响，并通过实际案例验证三维降水分析的可靠性。

关键词：深基坑；承压含水层；三维分析

引言：天津作为环渤海经济圈的中心地带，是天津近几年建设的重点地区，市区内沿海河区域是天津重要发展区，随着其地下空间开发力度不断增大，涌现了许多深基坑问题。其中对于深度超过20m的超深基坑来说，地下水的控制是关乎工程造价和安全的重要问题。本文将结合天津某项目深基坑工程，通过建立三维降水模型介绍并分析坑内降水设计及其对周边环境的影响。

1 项目概述

天津某项目位于天津市区海河边，与火车站相邻，本次拟建项目场地埋深120.00m深度范围内，缺失坑、沟底新近淤积层（Q^{si}）、全新统上组陆相冲积层（Qa¹）和全新统上组湖沼相沉积层（Q^{1+h}），勘察期间，现场测得初见水位埋深2.20m~2.40m，相当于标高静止水位埋深1.60m~1.90m，相当于标高2.68m~2.48m。2.15m-1.98m。前期勘察期间场地初见水位不明显^[1]，潜水静止水位埋深3.35~3.78m，相当标高1.01~0.60m。该地区地层及承压水层分布如图1。

拟建场地大沽高程+4.340m，相对标高-0.800。基坑面积约5500平米，基坑开挖深度约21.4~23.2m。基坑地下5层，采用地连墙+5道临时支撑的支护形式。

周边场地条件：基坑东侧及北侧为博爱道，地连墙外皮距离红线0.5~0.8m，红线外为人行便道。基坑西侧为某商业院内地库（地下3层），地连墙外皮距离一期地库2.7~18.8m。基坑南侧为海河东路，地连墙外皮距离红线约0.5m，红线外为人行便道。

根据本工程基坑开挖及基础底板结构施工的要求，需降低坑内地下水位，为地下工程创造良好的施工条件。

2 建模及计算

按照计算的平面范围、水文地质条件，考虑将地层概化，以及初始条件、边界条件、抽水井、观测井、帷幕在离散模型中的空间位置，根据以上条件建立三维可

视化模型。其中，根据地层、抽水井滤管位置及帷幕深度进行了分层，在网格划分中，对计算区域进行了局部加密，保证计算区域结算结果的精确性，根据勘察提供地层特征，将60m深度范围内的地层概化为7层：

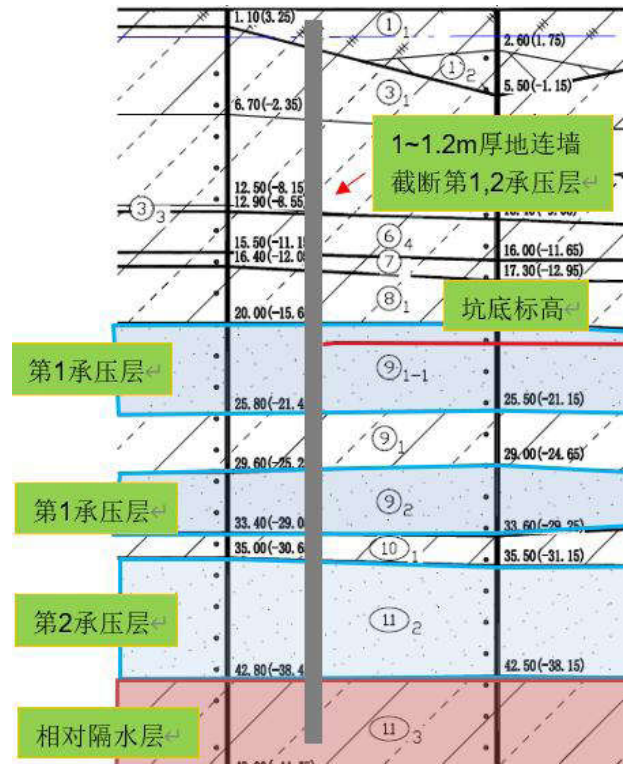


图1 地质剖面图

第一层为①2~⑥4潜土层；第二层为⑦~⑧1相对隔水层；第三层为⑨11~⑨2第1承压层；第四层为（10）1相对隔水层；第五层（11）2第2承压层；第六层（11）3~（12）1相对隔水层；第七层（12）2第3承压层。

模型中初始水位及其边界水位埋深根据地勘资料设置，止水帷幕及地连墙均为非透水单元，不考虑帷幕渗漏，降水计算工期为360天，详细三维降水模型如图2。

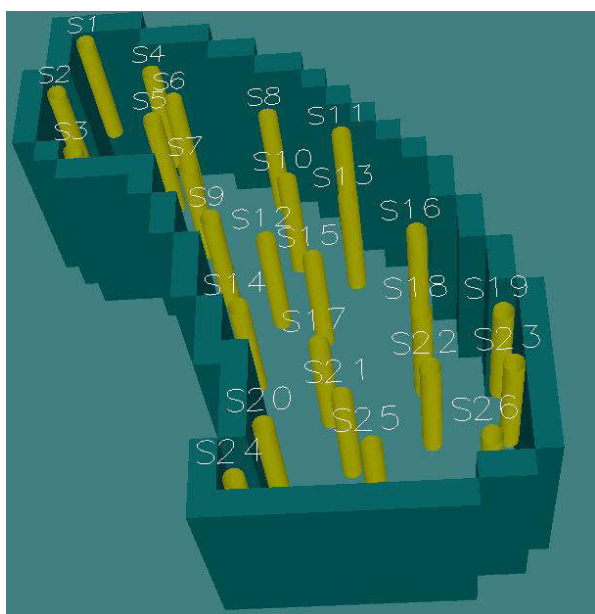


图2 三维降水模型图

基坑开挖前,需要对坑内土体进行疏干处理,保证基坑开挖工作面的干燥与土方外运的方便,因此在开挖前在坑内布设一定数量疏干井,对基坑开挖范围内土层疏干。

根据工程概况分析,本工程疏干的土体包含浅部的潜水^[2](粉质粘土和粉土层中重力水)。基坑内疏干井总的涌水量主要由疏干土体的容积储存量和基坑开挖过程中的补给量两部分组成。基坑地连墙为封闭式止水,基坑降水出水量参照封闭式疏干降水计算按以下公式进行计算:

$$Q_1 = A \sum_{i=n}^{i=1} Q_2 = AK_{\mu} \sum_{i=n}^{i=1} \frac{\Delta h_i}{m} T$$

QW—基坑疏干降水总出水量 m^3 ;

Q1—坑内疏干层范围内的出水量 m^3 ;

Q2—下伏含水层向坑内的越流涌水量 m^3 ;

Δh_i —i土层中水位变化(降深)值 m ;

K_{μ} —降水设计目的水位与下伏含水

顶间土层等效垂直渗透系数 m ;

μ —含水层的给水度(经验值)。

基坑疏干排水总量: $Q_1 = 7722m^3$, 基坑补给量主要包括两部分, 降雨补给量和越流补给量。由于对降雨量目前无资料估测, 且根据上部潜水含水层的透水性较弱的特性, 降雨后1~2d内立即采用明排措施排出, 因此因降雨渗入地层内的渗入量相对较小, 计算中可忽略。基坑补给量主要来自于未截断的第3承压含水层(地勘资料中未提及)越流补给进入坑内, 越流路径经过相对隔水层, 其渗透系数为极微透水层, 根据地勘资料, 渗

透系数参考0.01m/d取值, 基坑越流量约 $Q_2 = 82.5m^3/d$ 。

基坑提前20天降水: $Q_{总涌水} = 7722 + 82.5 \times 20 = 9372m^3$

按单井控制面积计算: $n = A/a$ 井; 得出: $n = 22$ 口,

实布26口。单井涌水量估算: $q_{总涌水} = Q_{总涌水}/T/n$

$= 18m^3/d$ 将单井出水量输入模型中进行计算, 得出基

坑内降水引发的坑外潜水、第1及第2承压层水位的变化。

计算结果水位数值为降水后水位埋深, 负值即为

地面以下。潜水层初始水位为埋深-2m, 降水后基坑周

边潜水水位最大埋深-2.05m, 水位下降5cm。第1承压

层初始水位为埋深-3m, 降水后基坑周边第1承压层水

位最大埋深-3.12m, 水位下降12cm。第2承压层初始水

位为埋深-10m, 降水后基坑周边第2承压层水位最大埋

深-10.2m, 水位下降20cm。

3 实测成果

为实现“可持续性环保型施工”的目标, 在进行工

程降水过程中, 需要做到“按需降水”, 减少地下水资

源的浪费, 减少微观地面沉降。对此, 主要的控制措施

有: (1) 通过基坑外的监测点, 及时监测坑外水位和沉

降量的变化, 发现沉降量达到报警值时, 应及时实施措

施。(2) 抽水过程中即时观测水位降深情况, 合理控制

潜水及承压水水位, 在满足基坑开挖要求前提下, 防止

水位降低幅度过大, 使降水对周边环境的影响减少到最

低限度。(3) 及时监测坑外地下水水位, 发现问题及时

处理, 调整抽水井及抽水流量, 指导降水运行和开挖施

工。(4) 及时整理基坑开挖和降水时的水位资料, 位

移监测资料必须及时, 结合施工工况对异常变化进行分

析, 必要时绘制相关的图表, 指导降水运行^[3]。

深基坑降水涉及到工程安全, 降水井在实际运行

中, 由于各种原因, 可能出现机械损坏的情况, 而造成

降水工程的中断。为了避免出现这种情况, 在进行物资

配备时, 应当考虑配备降水备用物资, 在现使物资出

现异常时, 及时更换备用物资, 确保降水运行的顺利进

行。在基坑降水期间应组织成立降水应急抢险队伍, 对

施工过程中降水引发的各种异常及时采取相应的应急抢

险措施, 相应管理人员、成井队伍、降水物资应在最短

时间内赶赴现场, 确保施工安全。基坑降水要与开挖做

好配合, 密切监测坑内外水位。

目前地下结构施工已出地面, 基坑降水基本完成,

根据基坑开挖期间的观测井监测数据, 周边地下水位上

下浮动, 基本稳定, 由此可知, 在降水深度范围内潜水

层以及第1、2承压含水层被止水帷幕截断的情况下, 深

基坑降水对周边环境的影响较小, 与三维降水模型计算

结果基本相符, 水位监测时程曲线如图3。

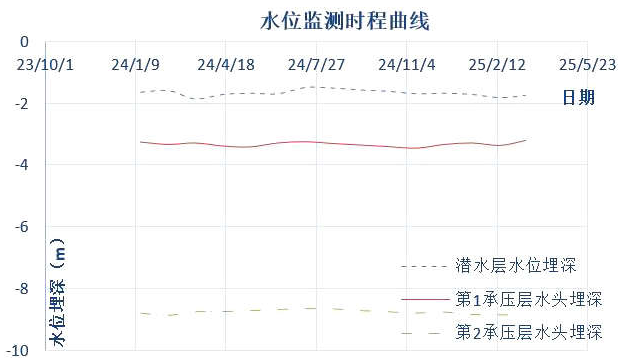


图3 水位监测时程曲线

结束语

以上分析基于基坑无渗漏的前提下进行，基坑若发生渗漏对周边环境影响较大。因此基坑开挖之前对地连墙或止水帷幕进行渗漏水检测，出具检测报告并对渗漏水处进行提前修补，确保渗漏风险已经排除后方可开挖；

对所有降水井进行抽水量计量，并绘制基坑出水量监测曲线；完成每一步开挖，制作支撑时，坑内设置排水明沟，及时排除坑内降雨量，辅助坑内降水井抽水；基坑底部发生涌水时，应立即停止开挖并用应急沙袋回填，同时观测坑外水位；分析涌水原因，并及时封堵；及时在相应的地连墙渗漏位置采取有效补漏措施，在最短的时间内及时排除险情，保证基坑安全。

参考文献

[1]姚天强,石振华.基坑降水手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2006.

[2]顾小芸.地面沉降计算的回顾与展望[J].中国地质灾害与防治学报,1998.

[3]张建山.基坑抽水地面沉降理论与工程应用[D].西安理工大学,2005.