

Research on Control and Construction Technologies for Confined Water in Super Deep Foundation Pit

Hongjun Li¹, Jie Zhang², Hongyi Li²

¹Beijing Urban Construction Huaxia Foundation Construction Engineering CO, LTD, Beijing

²Department of General Construction Contract, Beijing Urban Construction Refco. Group CO, LTD, Beijing
Email: 13910434070@163.com

Received: Nov. 22nd, 2014; revised: Dec. 24th, 2014; accepted: Jan. 3rd, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

According to the characteristics of a dewatering engineering for the deep confined water foundation pit in Beijing, tube well precipitation is selected and the design parameters of well spacing in 8 m and 36 m are proposed. The construction measures as partition closed, temporarily closed, etc. are put forward to reduce the difficulty of precipitation construction creatively. To verify the rationality of the design, the underground water table and peripheral subsidence are monitored. Finally, the secondary utilization scheme of well water is put forward to improve the utilization efficiency of groundwater, which is accord with the concept of green construction.

Keywords

Deep Foundation Pit, Confined Water, Dewatering, Groundwater Control

超大深基坑工程承压水控制设计及施工技术研究

李红军¹, 张 洁², 李洪毅²

¹北京城建华夏基础建设工程有限公司, 北京

²北京城建集团有限责任公司建筑工程总承包部, 北京

Email: 13910434070@163.com

收稿日期：2014年11月22日；修回日期：2014年12月24日；录用日期：2015年1月3日

摘要

论文针对北京某深大基坑承压水降水工程特点，选取了管井降水方式，计算提出了井距8 m和井深36 m设计方案；并创造性地提出了分区封闭、临时封闭等施工措施，降低了降水施工难度；通过地下水水位的监测和周边沉降监测，验证了本设计的合理性。最后，提出了井水的二次利用方案，提高了地下水的利用效率，符合绿色施工理念。

关键词

深基坑，承压水，降水，地下水控制

1. 前言

随着基坑开挖深度的增加，受承压水影响的深基坑工程的降水问题日益突出[1] [2]。

对于在承压水含水层中开挖大面积深基坑，目前在北京地区无施工先例，在全国范围内针对此情况大多采用地下连续墙止水[3] [4]，但造价高昂，且需要具备一定的地质条件。

而采用井管降水，将会引起周围构筑物的沉降变形，如何控制地下水的水位，同时使周围构筑物保持在可靠范围将是承压水管井降水设计的重点[5]。

论文针对北京某深大基坑承压水降水工程特点，选取了管井降水方式，并提出相应的施工措施，并通过地下水水位的监测和周边沉降监测来验证设计的合理性。

2. 工程概况

北京朝阳区某工程，基坑开挖分为地下空间及管廊部分，开挖面积约为 14.9 万平方米，其中地下空间开挖深度达到 27.2 m，管廊部分开挖深度为 15.4~18.9 m，为北京市目前在施的规模最大的基坑。基坑平面如图 1 所示。

拟建场地地层自上而下以此为：人工堆积房渣土、碎石填土①层；粘质粉土、砂质粉土②层；粉质粘土、粘质粉土③层；圆砾、卵石④层；粉质粘土、粘质粉土⑤层；卵石、圆砾⑥层；粘土、重粉质粘土⑦层；卵石、圆砾⑧层，含中砂、细砂夹层；粉质粘土、粘质粉土⑨层；中砂、细砂⑩层，含砂质粉土、粘质粉土夹层。地下水情况如表 1 所示。

管廊部位基底位于层间水水位以下；地下空间基底位于第⑥砂卵石层中，该层为地下第一层承压水的含水层。

3. 降水方案设计

3.1. 降水设计思路

地下空间部分基底以下 5 m 范围内无适当隔水层，满足《北京市建设工程施工降水管理办法实施细则》中技术不可行的条件，可以采用降水措施降低基坑地下水位。施工时需疏干④层中的潜水，降低⑥层中的承压水位至基坑以下 2 m 处，确保干槽作业。第二层承压水含水层为第⑧层(砂卵石层)，不考虑其

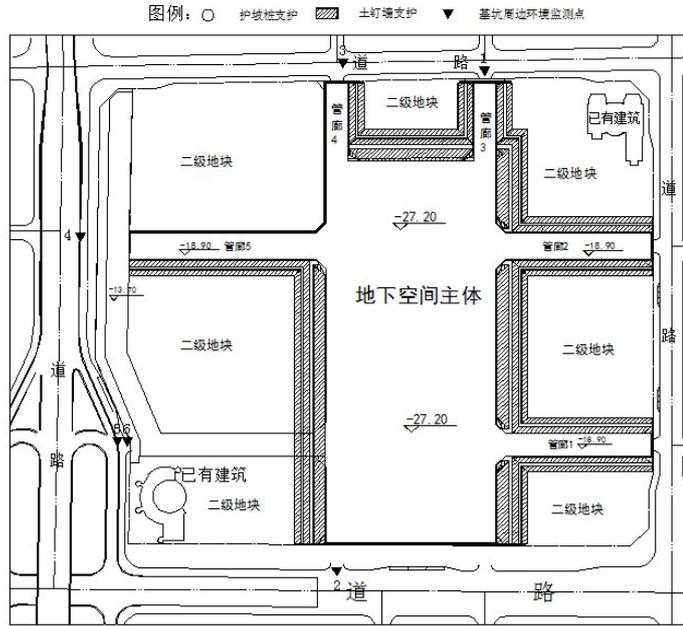


Figure 1. The layout plan of excavation site
图 1. 基坑现场平面布置图

Table 1. Groundwater table and types
表 1. 地下水类型及水位标高一览表

序号	地下水类型	钻探中实测地下水稳定水位		含水层
		水位埋深	水位标高	
1	潜水	16.50~17.60	20.70~21.42	第 4 大层卵石层
2	承压水	20.80~22.50	15.24~17.50	第 6 大层卵石层
3	承压水	24.00~26.10	11.87~13.92	第 8 大层卵石层

对基底稳定的影响。降水井计算模型如图 2 所示。

3.2. 降水设计计算

3.2.1. 地下空间部分降水设计

地下空间涌水量分潜水和承压水两部分分别计算[6]。

潜水涌水量采用均质含水层潜水完整井模式计算：

$$Q = \pi k \frac{(2H - S_d) S_d}{\ln \left(1 + \frac{R}{r_0} \right)}$$

$$r_0 = \frac{u(a+b)}{4} = \frac{1.16 \times (236 + 446.5)}{4} = 197.9 \text{ mm}$$

$$k = 50 \text{ m/d}, H = 2.0, S = 2.0 \text{ m}, R = 2S\sqrt{kH} = 40 \text{ m}$$

计算得潜水涌水量 $Q_1 = 3418 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

承压水涌水量按照均质含水层承压水完整井模式计算：

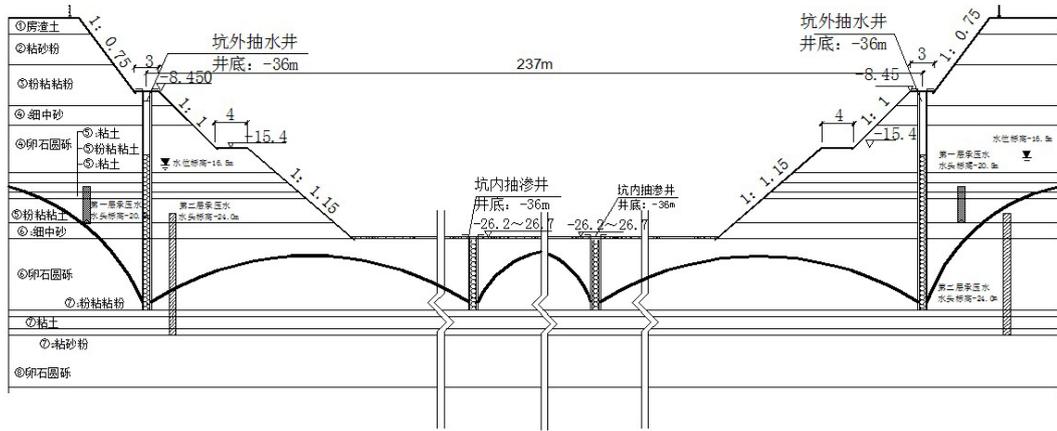


Figure 2. Simplified model of well precipitation
图 2. 降水井计算简化模型

$$Q_2 = 2.73k \frac{MS}{\lg \left(1 + \frac{R}{r_0} \right)}$$

$$r_0 = \frac{u(a+b)}{4} = \frac{1.16 \times (236.97 + 508.06)}{4} = 216 \text{ m,}$$

$$k = 80 \text{ m/d, } M = 11.275 \text{ m, } S = 7.075 \text{ m,}$$

$$R = 10.2S\sqrt{k} = 10.2 \times 7.075 \times \sqrt{80} = 645.46 \text{ m}$$

计算得承压水涌水量: $Q_2 = 28999 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

总涌水量

$$Q = Q_1 + Q_2 = 3418 + 28999 = 32416 \text{ m}^3/\text{d}$$

单井出水能力根据现场抽水试验 $q = 192 \text{ m}^3/\text{d}$ 确定井点数量 $n = \frac{1.1Q}{q} = 185$ 眼, 按降水周长为 1485 m

计算, 设井平均间距 8 m。

3.2.2. 管廊降水设计

管廊部分长度 720 m, 宽度 30 m, 基底高程为 15.4 m (中部 -18.9 m), 为保证地下空间部位承压水的降低, 在管廊与地下空间相接部位 50 m 范围设置承压水降水井。

管廊基坑涌水量采用线性基坑公式计算, 潜水涌水量为 $Q_1 = k \frac{LH^2}{R} = 3600 \text{ m}^3$, 承压水涌水量为

$Q_2 = 2k \frac{LMS}{R} = 14237 \text{ m}^3$, 计算出井间距为 8 m, 深度 25 m。

3.2.3. 基坑降水对地面的影响分析

基础标高 -27.0 m, 位于⑥层砂卵(砾)石地层, 当水位降至 -29.00 m 时因降水产生附加应力的地层有④层、⑤层和⑥层, ④、⑥层为低压缩性的砂砾石, ⑤层为压缩性较大的粘质粉土层, 采用分层总和法计算降水引起的附加沉降量为 11.5 mm, 在设计允许范围之内。

$$S = \sum_{i=1}^n \sigma_i \frac{\Delta h}{E_{si}}$$

$$\sigma_i = r_w h \quad (\text{偏安全近似方法})$$

$$S = r_w \left(\frac{h_1^2}{E_{sd}} + \frac{h_2^2}{E_{st2}} \right) = 20 \times \left(\frac{2^2 + 3.8^2}{60 \times 10^3} + \frac{6^2}{18 \times 10^3} \right) = 11.5 \text{ mm}$$

h_1 ——④层⑥层含水层厚度， h_2 ——⑤层含水层厚度， E_{si} ——压缩模量。

3.3. 降水井设计结果

地下空间部位：降水井深度 36 m，不穿透下部隔水层，井间距 8 m；基坑内部设置疏干井，间距 20 m，深度 36 m；井管为无砂混凝土管；

管廊部位：降水井深度 25 m，间距 8 m；井管为无砂混凝土管；降水井平面布置如图 3 所示。

4. 降水施工技术

通过理论计算，采用数量众多的降水井降低大面积的承压水是可行的；但实际上，由于拆迁不到位，整个基坑不能形成整体大面积开挖，而只能分段、分区块进行开挖，由此，在理论计算的基础上，结合现场施工情况，还采取了以下施工措施：

1) 分段封闭：局部拆迁到位可以进行施工的区域，在开挖范围四周施工降水井，形成小区块的封闭区域；

2) 临时封闭：对拆迁区域不能连接成片的情况，采取临时封闭的措施，及施工临时降水井以形成降水封闭区域；待拆迁范围逐步扩大时，再随时降水井，扩大封闭范围。

通过上述措施，将地下空间降水分为两部分：北区和南区，降水面积由最初的 $430 \times 187 \text{ m}^2$ 整体降水调整为分块降水，拆迁完成之前，北区降水面积 $15,500 \text{ m}^2$ ，南区降水面积 8000 m^2 ，拆迁后降水面积 $56,900 \text{ m}^2$ 。

拆迁完成后，由于前期降水施工时间较长，地下水位已经形成较为稳定的漏斗，地下水的补给和抽取已经达到平衡，抽水量较最初计算时有较大减小，降水施工难度大大降低。

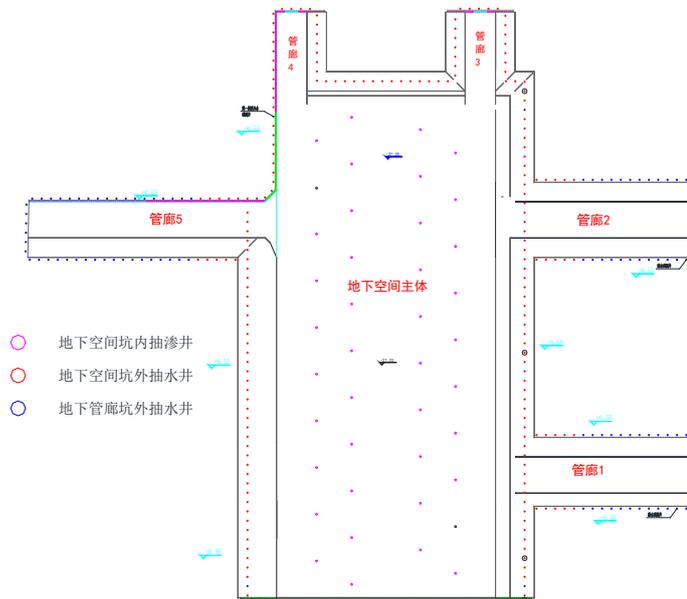


Figure 3. The layout plan of dewatering well
图 3. 降水井平面布置图

5. 地下水二次利用

地下水是一种宝贵的资源，而工程降水往往造成大量的水源流失，为贯彻绿色施工理念，节约水资源，施工现场设置了储水箱及加压罐，将抽取的地下水用于以下几方面：结构施工养护、现场洒水降尘、车辆冲洗、工地周边道路冲洗、消防用水、市政绿化，日平均节约自来水使用量 350 t。

6. 地下水水位监控

基底位于第⑥层砂卵石层，承压水静止水位标高为-20.8 m，高于基底标高 5.4 m，水位降深约 7 m。基坑分区封闭后进行抽水，并设置了 5 个水位监测井，编号 S1~S5，水位随时间变化曲线如图 4 所示。

根据检测数据，封闭降水三个月后，水位逐渐降低至基底标高位置，降水效果相对明显，后期地下水水位变化幅度较小，满足基础底板施工要求。

7. 降水对周边环境的影响

基坑降水对周边环境的影响由第三方监测单位对基坑周边道路及管线、重要建筑物、主路桥梁进行监测，至 2013 年 12 月底，监测数据(选取各类型中最大值的点)各测点的位置如图 1 所示，数据如表 2 所示。

根据基坑支护监测数据、周边环境监测数据及结合现场监测巡视结果，综合判定该项目基坑降水、

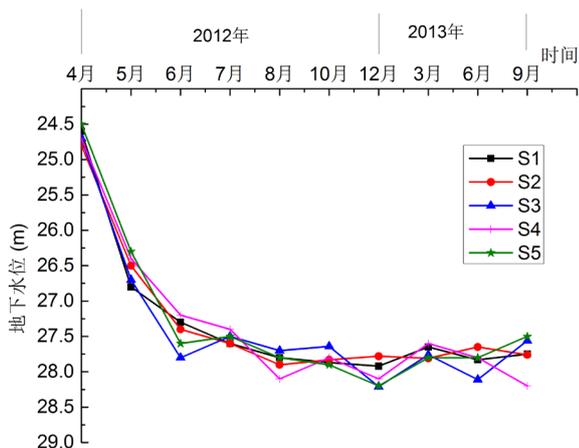


Figure 4. S-T curve of groundwater level
图 4. 地下水水位 S-T 曲线图

Table 2. Data of the pit monitoring
表 2. 基坑周边环境监测数据

序号	监测项目	测点部位	最大累计值 mm	速率 mm/d	预警值(mm)	控制值(mm)	备注
1	周边道路沉降	测点 1	-7.5	-0.01	10.5	15	正常
		测点 2	-9.8	0.01			正常
2	管线沉降	测点 3	-5.7	-0.01	7.0	10	正常
3	桥梁沉降	测点 4	-0.7	-0.01	1.8	2.5	正常
4	桥梁横向差异沉降	测点 5	0.6	0.08	1.8	2.5	正常
5	桥梁纵向差异沉降	测点 6	0.4	-0.03	3.5	5.0	正常

土方开挖对周边影响较小，对市政道路、管线的沉降影响均控制在规范规定的允许范围内；对主路桥梁的影响极小。

8. 结论

1) 通过水量计算，确定了降水方案为选取了管井降水方式，通过计算提出了井距 8 m 和井深 36 m 设计方案。

2) 创造性地提出了分区封闭、临时封闭等施工措施，降低了降水施工难度。

3) 据地下水位的长期观测记录，通过管井降水，封闭抽水三个月后，水位标高降至-27.2 m，满足土方开挖及基础底板施工需要。

4) 周围构筑物的沉降监测结果均处于正常范围，验证了采用井点降水方案的合理性。

5) 地下水的二次利用，提高了地下水的利用效率，节约了资源，响应了国家绿色施工理念，为北京市可持续发展做出应有的贡献。

参考文献 (References)

- [1] 周海军, 刘彩虹, 马宏云 (2011) 受承压水影响的深基坑工程降水方案设计. *浙江建筑*, **05**, 36-38.
- [2] 李进军, 王卫东 (2010) 受承压水影响的深基坑工程中的群井抽水试验. *地下空间与工程学报*, **03**, 460-466.
- [3] 谭少珩 (2008) 超深地下连续墙施工技术. *铁道建筑*, **03**, 26-28.
- [4] 翁厚洋, 刘凤华, 马西峰 (2014) 超深基坑大深度入岩地下连续墙施工技术. *施工技术*, **11**, 115-118.
- [5] 龙绍章 (2012) 复杂地质条件下的深基坑降水技术. *建筑施工*, **02**, 99-100.
- [6] 中国建筑科学研究院, 中冶建筑研究总院有限公司, 华东建筑设计研究院有限公司, 等. 建筑基坑支护技术规范[S]. 行业标准. 建筑工业.

汉斯出版社为全球科研工作者搭建开放的网络学术中文交流平台。自2011年创办以来，汉斯一直保持着稳健快速发展。随着国内外知名高校学者的陆续加入，汉斯电子期刊已被450多所大中华地区高校图书馆的电子资源采用，并被中国知网全文收录，被学术界广为认同。

汉斯出版社是国内开源 (Open Access) 电子期刊模式的先行者，其创办的所有期刊全部开放阅读，即读者可以通过互联网免费获取期刊内容，在非商业性使用的前提下，读者不支付任何费用就可引用、复制、传播期刊的部分或全部内容。

