

地铁车站基坑降水方案实例

郭小帅 石守亮 何建锋 于新政
(岩土工程事业部地质工程院)

[摘要] 郑州机许线双鹤湖北站位于条形垅岗洼地地貌单元,地下水埋藏较浅,通过对该站地质情况的介绍,对地铁车站基坑降水与止水方案在工程效果、施工工期及经济效益等方面的分析对比,提出了双鹤湖北站的工程地质条件更适宜采用基坑降水方案。

[关键词] 基坑 降水 止水 地铁

1 工程概况

郑州机许线双鹤湖北站位于郑州航空港区工业五路与雍州路交叉口,沿雍州路南北向敷设,车站总建筑面积为12670.92 m²,主体结构外包长度为211 m,为地下两层岛式车站,采用明挖法施工。

车站主体标准段基坑深度约16.56 m,基坑宽度19.7 m;小里程端头井基坑深度约18.26 m,基坑宽24.9 m。车站顶板覆土约3 m,底板埋深约16.56 m,本车站为地下两层双跨局部三跨矩形框架式结构,基坑采用 $\phi 1000@1300$ 围护桩+三道内支撑的支护型式,标准段第一道和第三道支撑均采用 $\phi 609$, $t=16$ mm的钢支撑,第二道支撑采用 $\phi 800$, $t=16$ mm的钢支撑;小里程端第一支撑采用 $\phi 609$,第二、三道撑采用 $\phi 800$, $t=16$ mm钢支撑;大里程端第一、二道支撑及第三道换撑采用 $\phi 609$,第三道撑采用 $\phi 800$, $t=16$ mm钢支撑(见图1)。

2 工程地质条件

双鹤湖北站属条形垄岗洼地地貌单元,场地主要为新修道路和绿地,两侧为市政绿化带和农田,地势较平坦,总体呈西高东低趋势,地面高程109.33~112.64 m,相对高差约3.0 m。

双鹤湖北站50 m勘探深度内所揭露土层均由第四系冲洪积物组成。主要分布为第四系全新统人工堆积杂填土、第四系全新统冲积物(Q_4^{al})、第四系上更新统冲积物(Q_3^{al})。

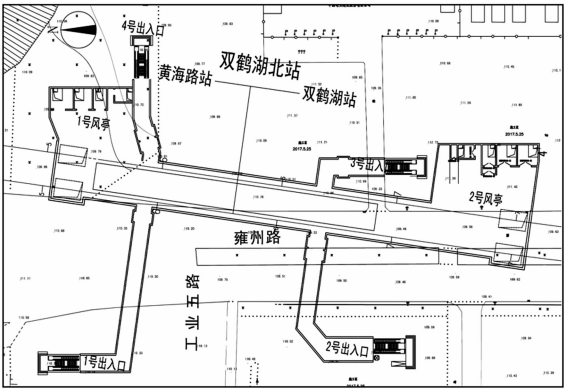


图1 双鹤湖北站平面位置示意图

地层从新到老分别为:

第①1层杂填土:主要成分为沥青路面及路基灰土垫层,厚0.50~2.20 m,平均厚度1.24 m;层底埋深0.50~2.20 m,平均埋深1.24 m。

第②32C层粉砂:黄褐色,潮湿,中密为主,层厚1.10~5.00 m,平均厚度3.32 m;层底埋深2.60~7.00 m,平均埋深4.44 m。

第②33层黏质粉土:灰黄色,稍湿,稍密—中密,层厚2.30~7.40 m,平均厚度4.54 m;层底埋深5.80~8.80 m,平均埋深7.48 m。

第②33B层粉质粘土:褐黄色,可塑—硬塑,层厚0.50~1.50 m,平均厚度1.00 m;层底埋深6.50~8.00 m,平均埋深7.33 m。

第②41层粉砂:灰黑—灰黄色,饱和,中密为主,层厚1.50~7.20 m,平均厚度3.98 m;层底埋深10.00~15.00 m,平均埋深12.80 m。

第②41A层黏质粉土:灰黑色,湿,中密为主,层

作者简介:郭小帅(1987—),男,河南省新郑人,工程师,从事市政及水利水电工程地质勘察工作。

厚 0.90 ~ 4.10 m,平均厚度 2.60 m;层底埋深 8.40 ~ 14.50 m,平均埋深 11.13 m。

第③21A 层黏质粉土:黄褐色,湿,中密—密实,层厚 1.00 ~ 3.50 m,平均厚度 1.62 m;层底埋深 11.80 ~ 18.50 m,平均埋深 14.98 m。

第③21 层粉质粘土:红褐色,硬塑—坚硬,层厚 6.00 ~ 13.50 m,平均厚度 9.33 m;层底埋深 21.60 ~ 25.20 m,平均埋深 23.54 m。

第③22 层粉质粘土:黄褐色为主,硬塑—坚硬,层厚 6.30 ~ 9.90 m,平均厚度 7.92 m;层底埋深 28.00 ~ 35.00 m,平均埋深 31.46 m。

第③23 层粉质粘土:黄褐色、红褐色,硬塑—坚硬,层厚 4.00 ~ 11.60 m,平均厚度 8.06 m;层底埋深 36.00 ~ 42.10 m,平均埋深 39.52 m。

双鹤湖北站典型地质剖面如图 2。

3 水文地质条件

根据现场钻探,双鹤湖北站地下水类型主要为第四系松散堆积物孔隙水。地下水埋深 6.10 ~ 9.10 m,

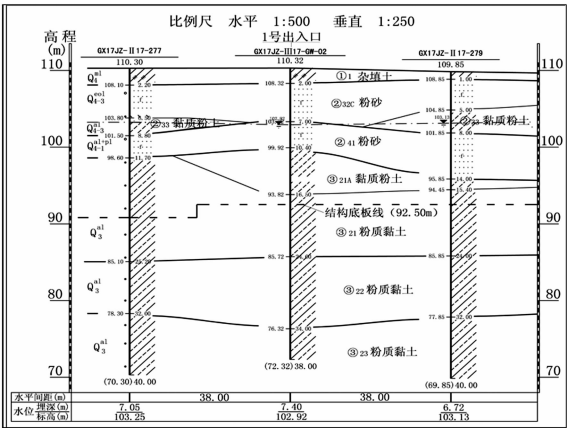


图 2 双鹤湖北站典型工程地质剖面图

水位标高 102.33 ~ 103.55 m,主要赋存于②33 层黏质粉土、②41 层粉砂和③21A 层黏质粉土中,为孔隙潜水,属弱 ~ 中透土层。下部③21 层粉质黏土为相对隔水层。

双鹤湖北站稳定地下水埋深和标高统计见表 1,地层渗透系数建议值见表 2。

表 1 双鹤湖北站地下水情况统计表

埋深最小值	埋深最大值	埋深平均值	标高最小值	标高最大值	标高平均值
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
6.10	9.10	6.93	102.33	103.55	103.06

表 2 双鹤湖北站渗透系数建议值表

层号	②33	②33B	②32C	②41	②41A	③21 - ③23	③21A
岩土名称	黏质粉土	粉质黏土	粉砂	粉砂	黏质粉土	粉质黏土	黏质粉土
渗透系数建议值 m/d	0.3	0.1	6.0 ~ 7.0	8.0 ~ 10.0	0.35	0.05	0.15

4 降水井布置方案

4.1 降水目的

(1)将基坑水位控制在基坑底板以下 1.0 m,降低坑内土体含水量,方便挖掘机和工人在坑内施工作业,有利于坑内土体的边坡稳定,防止坑内土体滑坡。

(2)防止基坑底部发生突涌,确保施工时基坑底板的稳定性。

(3)通过科学的降水控制,尽量减少由于降水引起的地表沉降,减小因基坑降水对于周边环境的影响。

4.2 基坑降水总体思路

双鹤湖北站地下水位位于地表下 6.10 ~ 9.10 m左右,水位标高 102.33 ~ 103.55 m,主要赋存于②32 层黏质粉土和②41 层粉砂中,下部③21

层粉质黏土为相对隔水层。基坑两端的底板标高为 90.194 m(北端头),91.704 m(南端头),需将水位降到标高为 89.194 m;基坑中间段的底板标高约为 92.804 m,需将潜水含水层的水位降到标高为 91.804 m。

为了保证基坑土体疏干、坑底土体稳定性、不产生突涌等渗透问题,结合本工程实际情况,本次降水采取疏干降水方案,具体降水措施有以下几点:

(1)对潜水含水层进行疏干处理,即降水井在土层段设计全段进水,将水全部排出,将潜水含水层作为疏干目的层进行疏干降水;

(2)为减少降水对抗外环境的影响,降水运行控制期间,严格执行“按需降水、动态调整”的降水原则,尽量减小坑外水位下降对环境的影响。

4.3 基坑降水方案

根据平面布置图,双鹤湖北站主体基坑长约

210 m,宽约 20 m,基坑开挖时周边没有进行止水处理,为简化计算,采用均质含水层潜水完整井(③21 层粉质黏土为相对隔水层)的计算公式;降水井主要布置于基坑外侧,并在基坑内布置少量降水井用于疏干坑内水体。根据场区水文地质条件,现场抽水试验成果资料及地区性经验,选择《建筑基坑支护技术规程》(JGJ120-2012)附录 E 中 E.0.1 条均质含水层潜水完整井公式估算基坑涌水量如下:

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

(1)

式中:Q—基坑降水总涌水量(m³/d);
k—渗透系数(m/d);
H—潜水含水层厚度(m);
s_d—基坑地下水水位的设计降深(m);

R—降水影响半径(m),按 $R=2s_w/\sqrt{kH}$;
r₀—基坑等效半径(m);可按 $r_0=\sqrt{A/\pi}$ 计算;
A—基坑面积(m²)。
拟建双鹤湖北站主体基坑基底标高 92.804 ~ 90.194 m,潜水含水层③21A 黏质粉土层底平均埋深 14.98 m,若坑外降水井降至③21A 黏质粉土层底,降水后水位标高约为 95.0 m;下部③21 层粉质黏土为相对隔水层,现场该层新鲜开挖面为硬塑状,假定该层不含地下水,坑外降水后沿桩间土渗入坑内的少量水体采用集水明排的方式疏干。地下水稳定水位标高取 103.06 m,则 s_d=8.06 m。含水层综合渗透系数取 k=6 m/d,则影响半径 R 为 112 m; L=210 m, B=20 m; r₀=36.57 m,具体计算成果见表 3。

表 3 基坑涌水量计算成果表

基坑位置	基坑长度 L (有效)(m)	基坑宽度 B (m)	含水层 厚度 H(m)	含水层渗透 系数 k(m/d)	基坑等效 半径 r ₀ (m)	降水影响 半径 R(m)	基坑涌水量 Q (m ³ /d)
双鹤湖北站	210	20	8.06	6	36.56	112	873.1

单井出水能力:

降水井滤管直径为 0.325 m,过滤器进水部分长度考虑主要位于下部隔水层③21 层粉质黏土的实际情况,根据经验取 l=0.75 m。

$$q_0=120\pi r_s l^3/\sqrt{k}=93.8\text{ m}^3/\text{d}$$

(2)

需要降水井数量 n 为 $n=1.1\frac{Q}{q}\approx 10.2$ 个。

保证每个降水井出水量不至于过大,造成降水、封井困难,同时确保降水效果,实际在坑外设置 12 口降水井。

降水井大面积施工前先进行抽水试验,单井的抽水量、井的布置及井的深度必要时根据抽水试验进行调整。

5 基坑降水效果检测

降水井施工完后,进行抽水试验验证降水方案的可实施性。本工程选取 1 号井进行单井试验,1 号、2 号、3 号进行群井试验。每隔半小时记录一次井内的水位变化情况,单井试验中抽水 12 h 后井内水位达到稳定,水位降至潜水含水层③21 层粉质黏土以下。

待 1 号降水井水位恢复到初始水位后,进行群井抽水试验,同样每隔半小时记录一次井内的水位变化情况。群井试验中抽水 5 h 后井内水位达到稳定,水位亦降至潜水含水层③21 层粉质黏土以下。

通过抽水试验结果,单井和群井抽水时观测井内水位下降较快,可以将地下水较好的疏干,达到降水目的。

6 降水方案与三轴搅拌桩止水方案的对比

三轴搅拌桩止水方案是通过在围护桩外侧施工

搅拌桩而形成连续止水水体,用来阻止或减少基坑侧壁及基坑底地下水流入基坑内,然后配合坑内降水井进行降水处理。

6.1 工期对比

由于三轴搅拌桩止水方案,需要进行搅拌桩施工(搅拌桩施工工期约 1.5 个月),搅拌桩施工完成后再进行坑内降水;而降水方案仅进行坑内降水,比搅拌桩方案节约工期约 1.5 个月。

6.2 经济效益对比

在止水方案中,三轴搅拌桩仅是止水措施,还需要在基坑内打设少量降水井将基坑内的水排掉。相对于敞开式降水方案而言,工程成本增加 200 万元左右。对比两种方案的经济效益,降水方案投资更小,经济效益更优。

6.3 环境影响对比

不采取止水帷幕而直接群井降水对环境影响较大,引起的地面不均匀沉降较有了止水帷幕时大。但该基坑周边环境较简单,产生的沉降值在规定允许范围内,可采用开放式降水方案。

7 结语

本文通过对双鹤湖北站基坑降水与止水方案的对比分析,结论如下:

- (1)双鹤湖北站的地质条件和周边环境条件采用基坑降水方案能较好的满足工程要求;
- (2)采用基坑降水方案较止水方案更节省工期;
- (3)采用基坑降水方案较止水方案能节约工程投资,经济效益更优。