

长江漫滩复杂地层条件下超大超深基坑降水设计

刘清文¹, 车灿辉²

(1. 中国铁建南京青奥轴线地下工程指挥部, 江苏 南京 210019; 2. 安徽水文地质工程地质公司南京分公司, 江苏 南京 210019)

摘要:长江漫滩地区第四系松散层是一个巨厚的复杂含水层,地下水丰富,对深基坑施工影响极大。详细分析了南京梅子洲过江通道及青奥轴线地下交通系统工程中B2-J1区基坑降水工程的特征,分区分段进行降水设计,并根据各区段的地层特征,选用合适的降水井结构,利用全孔填滤料的方式对开挖面以上含水层进行疏导,取得良好的降水效果;针对坑内、外水位差大的区段设置坑外备用井,防止因围护结构缺陷造成基坑管涌,为基坑安全增加保障,并有效地控制了降水对周边环境破坏。

关键词:长江漫滩;复杂地层;深大基坑;基坑降水;围护结构;地表沉降

中图分类号:TU46⁺3 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2013)05-0054-06

Design of Deep Excavation Dewatering Under Complex Geological Conditions of Yangtze River Floodplain/LIU Qing-wen¹, CHE Can-hui² (1. The Underground Engineering Headquarters of CRCC of Nanjing Youth Olympic Axis, Nanjing Jiangsu 210019, China; 2. Anhui Hydrogeology and Engineering Geology Corporation Nanjing Branch, Nanjing Jiangsu 210019, China)

Abstract: The Quaternary loose layer of Yangtze floodplain area is a huge thick and complex aquifer with rich groundwater, which has great influence on deep foundation pit engineering. This paper analyzes the characteristics of dewatering project for the foundation pit in Nanjing Meizhou river-crossing tunnel project, dewatering designs were made for each segments, and proper dewatering well structure was selected based on the features of different segment, the aquifer above the excavation surface was dredged by whole hole filling filter material with good dewatering effect. Standby wells were prepared in the segments where there was big water level difference between inside and outside pit to prevent piping caused by the defect of enclosure, increase security for foundation pit and effectively protect the surrounding environment.

Key words: Yangtze River floodplain; complex formation; deep and large foundation pit; foundation pit dewatering; enclosure structure; ground settlement

0 前言

南京梅子洲过江通道及青奥轴线地下交通系统为2014年南京青奥会的主要配套工程,并同时构成未来南京梅子洲过江通道的江南接线及道路枢纽。该工程明挖施工,地下3层结构,其中B2-J1区主基坑最大开挖深度27.5m,最大开挖宽度258m,最大开挖长度323m。工程建成后将成为国内结构体系最为复杂、规模最大的超大型地下交通系统。工程地处长江漫滩,水系发育,地层条件复杂,基坑工程受地下水威胁严重,降水难度大,特别是B2-J1区基坑施工对整个工程形成控制性影响。本文重点就该核心区基坑降水方案设计进行探讨。

1 工程概况

1.1 工程设计概况

南京梅子洲过江通道及青奥轴线地下交通系统

工程由主线隧道及匝道、滨江大道下穿通道及匝道、地下开发空间3部分组成。其中,主线隧道在江山大街地面以下3层位置下穿滨江大道,经青奥轴线地下空间,下穿燕山路、江东路、庐山路后出地面,全长1732m,设C~H共6条地下匝道连接地面城市道路。滨江大道作暗埋处理,设滨江大道下穿通道,全长1258m,下穿通道设J、L、M共3条地下匝道与隧道主线相连,同时设K、I匝道以地下形式连接青奥会议中心。地下空间开发位于通道主线上部地下一层,将青奥中心、国际风情街连为一体,总面积约为2.2万m²。为施工组织方便,根据工程平面特点,实际施工分7个区段进行,其中B2-J1区平面及空间布置见图1。

根据基坑开挖深度不同,基坑围护结构分别采用放坡、钻孔桩、地下连续墙等形式,除有部分围护结构隔断基坑内外水力联系外,其余均为“悬挂式”

收稿日期:2013-04-12

作者简介:刘清文(1968-),男(汉族),山东邹城人,中国铁建南京青奥轴线地下工程指挥部高级工程师,土木工程专业,从事隧道与地下工程施工技术管理工作,江苏省南京市建邺区富春江东街69号中方大厦17楼,zjlqw@163.com。

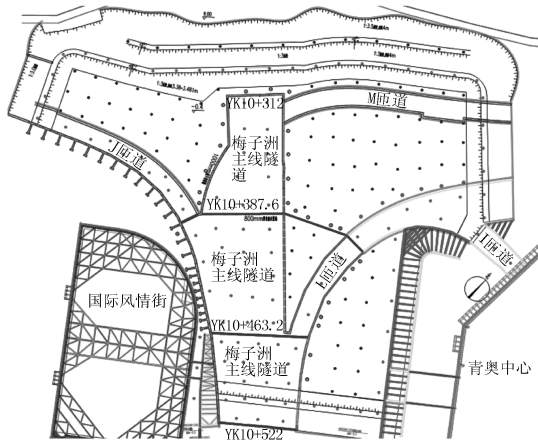


图1 B2-J1区平面布置图

地貌区,地势平坦,水系发育,河流纵横交错,自然地面标高 6 ~ 8 m,江边设防洪堤,堤顶标高 11.5 ~ 12.0 m。漫滩地层岩性以全新统灰色、灰褐色粉质粘土、粉土及淤泥质土为主,经人工改造后填土普遍分布。长江为本区最大的地表水体,场地附近的夹江宽约 400 m,另外场地附近还分布有红旗南河、韩二河、江东南河。

1.2.2 岩土工程地质条件

南京长江漫滩地区第四系土层厚度 50 ~ 60 m,局部深者大于 70 m。上部广泛分布有 10 ~ 30 m 厚的漫滩相淤泥、淤泥质粘土、淤泥质粉质粘土,常有粉砂、粉土夹层;中部一般为稍~中密粉土、粉砂层,为全新世海侵盛期沉积层,厚度一般较大,因水动力条件变化,局部有软土夹层,韵律较明显;下部主要为早全新世中密~密实粗粒砂土、砾砂、圆砾等,具有明显的二元结构特征^[1]。本区地层结构见图 2。

围护结构,坑内外地下水具有水力联系。

1.2 地质及水文地质条件

1.2.1 地形地貌

工程位于长江夹江东南岸,属长江古河道漫滩

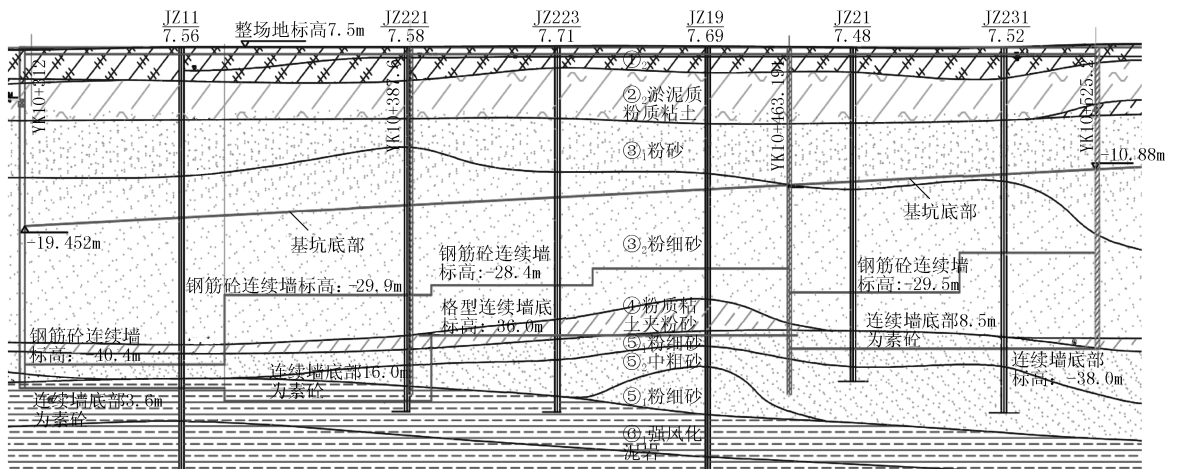


图2 工程地质剖面图

1.2.3 水文地质条件

本工程所在区域水系发育,长江等地表水体与地下水的水力联系较好,对区域地下水的形成起重要的补给作用。根据含水层的岩性、埋藏条件和地下水赋存条件、水力特征,第四系松散岩类孔隙水可分为孔隙潜水和孔隙承压水

孔隙潜水主要赋存于漫滩区上部地层,含水介质为粘性土及淤泥质土,局部粉砂、粉土薄层,厚度 3 ~ 30 m,渗透性和富水性差,渗透系数多小于 0.10 m/d。

孔隙承压水主要分布于基岩上部松散层中,上段为③层粉细砂,厚度 10 ~ 40 m(平均 32 m);下段为⑤层,以含卵砾石层中粗砂为主,卵砾石呈次圆状,分选性差,厚度 3 ~ 20 m。上、下段之间局部有

④层粉质粘土夹粉砂分布,厚 0 ~ 8 m,极不稳定,可视为相对隔水层。承压含水层总体厚度大、渗透性和富水性良好,上部粉细砂渗透系数为 6.50 ~ 25.00 m/d,下部含卵砾石的渗透系数为 30.00 ~ 50.00 m/d,勘察期间水位埋深 1.50 ~ 5.50 m,水位标高 3.50 ~ 6.20 m,近长江处水位随江水位变化明显。

场地内⑥层泥岩构造裂隙不发育,风化裂隙不明显,透水性极差,可视为隔水层。

1.3 周边环境情况

B2-J1区基坑外缘处长江大堤坡角,堤岸为土质结构,堤顶为一宽 6 m 的水泥道路,施工期保持正常通行。除此之外,场地附近现有江苏省武警总队及市自来水公司城南水厂等单位。在建的青奥中

心、国际风情街均为青奥配套工程,与B2-J1区紧邻,正在进行基础施工。B2-J1区基坑施工须严格控制长江大堤的沉降,同时,基坑降水方案的确定与实施需兼顾到对青奥中心、国际风情街的基坑影响。

2 降水工程特征分析

2.1 降水目的

本基坑工程中降水的主要目的有以下几点:(1)疏干开挖范围内的土体,提高土体固结强度,方便基坑施工;(2)降低地下水位,增加边坡和坡底的稳定性;(3)将承压水位降低至安全水位以下,防止坑底突涌,增加基坑底板的稳定性,确保基坑施工安全;(4)减少降水对周边环境的影响。

2.2 降水工程特征

根据本工程的特点,基坑降水具有以下特征。

(1)基坑开挖面积约5万 m^2 ,整个盆式基坑先放坡开挖至地面下8m后再进行主线隧道及匝道基坑的施工,基坑最大挖深27.5m,水位降深大者达28.5m,降水工程量大,且各分区及各工序交错施工,降水工作安排复杂。

(2)场地范围内存在厚达40~60m的由粉砂及卵砾石层组成的承压含水层,含水层富水性强、渗透性能好(渗透系数达35 m/d);场地距离长江较近,由于长江河床的切割作用,使得江水与承压含水层直接相通,形成强补给源,增大了降水工程风险。大部分基坑开挖底板已经位于承压含水层中,整个基坑工程面临严重的承压水问题。

(3)除主线隧道基坑部分里程段(YK10+312~463.2)地下连续墙进入下部隔水层外,其余围护结构均未隔断坑内、外水力联系,坑内降水后,坑外地下水位必然会降低,引起基坑外地面沉降。特别是地层上部的高压缩性淤泥质粉质粘土,局部夹粉土及粉细砂,失水后极易产生固结沉降,对周边环境产生影响。

(4)主线隧道基坑内降水后,基坑内、外最大水位差约达20m。如果围护结构出现缺陷,在坑外高水头压力作用下,极易形成管涌,影响基坑工程安全。

3 降水方案设计

方案设计时严格围绕本基坑工程的特点及降水工程的特征,根据基坑开挖深度与地层特征,分区分段进行降水设计。同时,根据各部位降水特征,选用不同的降水井结构及管材,节约工程造价。

3.1 放坡开挖降水设计

盆式基坑放坡开挖至地面下8m,开挖范围内主要为淤泥质粉质粘土层,坑底下1~2m则为③层粉砂、粉细砂层。因此,放坡开挖需要考虑潜水的疏干以及承压水的降压问题。

3.1.1 降压井设计

3.1.1.1 基坑涌水量计算

放坡开挖时降水未受围护结构影响,可采用“大井法”计算总涌水量,选用承压非完整井稳定流计算公式^[2]:

$$Q = \frac{2.73KMS_w}{\lg(R_0/r_0) + (M-l)/l \cdot \lg(1+0.2M/r_0)} \\ = 45170.97 \text{ m}^3/\text{d}$$

式中: Q ——基坑总涌水量, m^3/d ; K ——渗透系数,18 m/d ; M ——含水层厚度,45 m ; S_w ——水位降深,8 m ; l ——滤管进入含水层深度,14 m ; r_0 ——引用半径, $r_0 = \sqrt{A/\pi}$, m ; R_0 ——引用影响半径, $R_0 = r_0 + R = 265 \text{ m}$ 。

3.1.1.2 单井出水能力计算

可按下式进行计算^[3]:

$$q = 120\pi r l^3 \sqrt[3]{k} \approx 1381 \text{ m}^3/\text{d}$$

式中: q ——单井出水能力, m^3/d ; r ——滤管半径,0.15 m ; l ——有效滤管长度,9 m ; k ——含水层渗透系数。

群井干扰抽水时,单井出水能力会大大减小,计算时取单井出水能力 $q = 1000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

3.1.1.3 降压井数量计算

可根据下式计算:

$$n = 1.1Q/q \approx 50 \text{ 口}$$

式中: Q ——总涌水量, m^3/d ; q ——单井出水能力, m^3/d 。

降压井平面上沿基坑边坡二级平台间距15m布置39口,其余11口布置在主线隧道基坑外,可作为后期主线隧道基坑的坑外备用井。

二级平台上的降压井深25m,主线隧道基坑外降压井深40m;泥孔径为750 mm ;边坡上降水井易于保护,因此,全孔为造价低的内径400 mm 、外径500 mm 的无砂混凝土滤管,外包80目锦纶滤网;全孔投滤料。

3.1.2 疏干井设计

疏干降水设计通常根据单井有效抽水面积 $\alpha_{\text{井}}$ 的经验值来确定,而经验值又根据疏干土体的特性及基坑的平面形状来确定,一般为150~250 m^2 ^[3]。

本次布置疏干井时 $\alpha_{井}$ 取 250 m^2 。

坑内疏干井的数量根据下式进行计算^[3]：

$$n = A/\alpha_{井}$$

式中： n ——井数，口； A ——基坑疏干面积， m^2 ； $\alpha_{井}$ ——单井有效抽水面积经验值，取 250 m^2 。

二级平台以内(包括二级平台)基坑面积约 41490 m^2 ，通道及匝道(坑中坑)面积约 14000 m^2 ，由于坑中坑不另布置疏干井，因此，本次疏干面积共 27490 m^2 ($41490 \sim 14000\text{ m}^2$)，平面上共布置 110 口疏干井。

疏干井深 16 m，泥孔径为 600 mm；全孔为内径 300 mm、外径 360 mm 的无砂混凝土滤管，外包 80 目锦纶滤网；全孔投滤料。整个盆式基坑开挖至 8

m 时无任何支撑，放坡范围内的降水井难于保护，疏干井需要随开挖深度的加深而拆除，因此，选用单节长度为 1 m 的无砂混凝土管不仅造价低，且便于拆除、利于维护。

3.2 主线隧道降水设计

根据地层与围护结构的关系，主线隧道分为 3 段，每段之间设自凝灰浆墙止水，见图 2、表 1。从图中可以看出基坑设计底板均位于③层承压含水层中，承压水位需要降至基坑底板以下。由于 YK10 + 312 ~ 387.6 段的承压含水层上段(③层)与下段(⑤层)之间存在④层粉质粘土隔水层，因此，需要就⑤层承压水进行底板抗突涌稳定性进行分析。

表 1 基坑围护与地层关系一览表

| | 基坑部位 | 围护形式 | 围护底标高 /m | 围护底 地层 | 开挖底标高 /m | 坑底地层 | 含水层顶板 标高/m | 是否隔断坑 内外水力联系 |
|-------|-------------------------|-------|---------------|----------------|------------------|--------------------------------|------------|--------------|
| 主线 隧道 | YK10 + 312 ~ 387.6 | 地下连续墙 | -44.0 ~ -45.9 | ⑥ ₁ | -19.452 ~ -16.21 | ③ ₂ | -3.44 | 隔断 |
| | YK10 + 387.6 ~ 463.2 | 地下连续墙 | -38.0 | ④ | -16.21 ~ -13.26 | ③ ₂ | -4.01 | 隔断 |
| | YK10 + 463.2 ~ 497.8 | 地下连续墙 | -38.0 | ⑤ ₁ | -13.26 ~ -11.88 | ③ ₂ | -3.92 | 未隔断 |
| M 匝道 | MK0 + 199.5 ~ 346.335 | 钻孔灌注桩 | -15.5 ~ -17.4 | ③ ₂ | -5.761 ~ -9.664 | ③ ₁ 、③ ₂ | -4.76 | 未隔断 |
| J 匝道 | JK0 + 177.06 ~ 316.875 | 钻孔灌注桩 | -9.5 ~ -19.4 | ③ ₂ | -2.823 ~ -9.924 | ③ ₁ 、③ ₂ | -2.77 | 未隔断 |
| L 匝道 | LK0 + 228.632 ~ 299.867 | 地下连续墙 | -18.9 ~ -15.4 | ③ ₂ | -11.465 ~ -7.895 | ③ ₁ | -4.18 | 隔断(与主隧道相连) |
| | LK0 + 299.867 ~ 409.251 | 钻孔灌注桩 | -13.4 ~ -9.0 | ③ ₂ | -7.895 ~ -1.952 | ③ ₁ 、② ₂ | -7.25 | 未隔断 |
| I 匝道 | IK0 + 082.139 ~ 117.646 | 地下连续墙 | -13.5 | ③ ₂ | -4.624 ~ -5.316 | ② ₂ | -6.27 | 未隔断 |

基坑底板的稳定条件：基坑底板至承压含水层顶板间的土压力大于承压水的顶托力^[4]。即：

$$H\gamma_s \geq F_s\gamma_w h$$

式中： H ——基坑底至承压含水层顶板间距离，m； γ_s ——基坑底至承压含水层顶板间的土的平均重度， kN/m^3 ； h ——承压水头高度至承压含水层顶板的距离，m； γ_w ——水的重度， kN/m^3 ； F_s ——安全系数，一般为 1.0 ~ 1.2，本次取 1.05。

通过计算，⑤层承压水位需降至标高 3.69 ~ -4.72 m 才能保证坑底稳定，降深为 2.51 ~ 10.92 m，见表 2。

表 2 基坑底板抗突涌计算表

| 位置 | 依据 钻孔 | 开挖底 板标高 H_a/m | 含水层 顶标高 H_b/m | 安全水 位标高 h_a/m | 水位 降深 S/m | 安全水 位埋深 $/\text{m}$ |
|----------------------|-------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------------|---------------------|
| YK10 + 312 ~ 387.6 | JZ11 | -19.452 | -38.74 | 19.4 | -4.72 | 10.92 |
| | JZ12 | -16.21 | -38.12 | 19.4 | 0.52 | 5.68 |
| YK10 + 387.6 ~ 463.2 | JZ223 | -14.83 | -36.59 | 19.4 | 1.79 | 4.41 |
| | JZ19 | -13.197 | -35.31 | 19.4 | 3.69 | 2.51 |

3.2.1 YK10 + 312 ~ 387.6 段降水设计

该段地下连续墙进入⑥₁层强风化泥岩，理论上完全隔断了基坑内、外的水力联系，考虑到开挖范

围内为砂性地层，往往夹有薄层的粘性土，易形成滞水，影响降水效果；同时，承压含水层厚度、富水性 强，渗透性能好，为防止围护结构渗漏及坑外地下水通过⑥层泥岩中的裂隙补给坑内，取单井有效降水面积 $\alpha_{井}$ 为 300 m^2 ，共布置 11 口降水井。降水井全孔填滤料，对开挖范围内的含水层起引渗作用，同时考虑到对⑤层承压含水层的降压，其中有 5 口井滤管加深进入⑤层承压含水层中，其余 6 口井在基坑底板以上设置一段滤管，加快开挖地层的疏干。

3.2.2 YK10 + 387.6 ~ 463.2 段降水设计

该段围护结构底端位于④层粉质粘土夹粉砂层中，理论上围护结构也隔断了基坑内、外的水力联系，因此按单井有效面积 300 m^2 ，共设计了 18 口降水井。由于下伏④层粉质粘土层厚度薄，有可能存在局部缺失或者勘探孔封孔不良等现象，导致该段基坑不能有效封闭，因此降水井正式施工前，在现场进行抽水试验，观测坑外⑤层承压水位及坑内③层承压水位的变化来判断④层是否缺失及缺失的程度。此段围护结构未隔断⑤层承压含水层坑内、外的水力联系，考虑到该段⑤层水位降深小且 B2 - J1 区其它部位降水时，⑤层承压水位会下降，因此仅在

该段基坑外布置4口降水井进入⑤层承压含水层,作为水位观测兼备用井。降水井结构设计时全孔填滤料,对开挖范围内含水层进行引渗,取1/2的降水井在开挖面上设置滤管,加快对开挖范围内土层进行疏干。

3.2.3 YK10+463.2~525段降水设计

该段④层粉质粘土层缺失,隔水底板埋深大,围护结构未能完全隔断基坑内、外水力联系,基坑内降水时,坑外的地下水将通过围护结构底端绕流补给坑内地下水。受围护结构的绕流阻水的影响,地下水呈典型的三维流态,无法利用解析法求解,降水设计时必须借助三维地下水渗流数值方法计算分析。

三维地下水渗流数值计算依赖于以下地下水渗流数学模型^[5]:

$$\frac{\partial}{\partial x}(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z}(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z}) + W = \frac{E}{T} \frac{\partial h}{\partial t}$$

其中:

$$E = \begin{cases} S & \text{承压含水层} \\ S_y & \text{潜水含水层} \end{cases}$$

$$T = \begin{cases} M & \text{承压含水层} \\ B & \text{潜水含水层} \end{cases}$$

$$S_s = S/M$$

式中: K_{xx}, K_{yy} 和 K_{zz} ——平行于主轴 x, y 和 z 方向的渗透系数(L/T); W ——单位体积流量,用以代表流进或流出的源汇项, m^3/d ; h ——点 (x, y, z) 在 t 时刻的水位, m ; S_s ——储水率, L/m ; S ——贮水系数; S_y ——给水度; M ——承压含水层厚度, m ; B ——潜水含水层厚度, m 。

初始条件:

$$H(x, y, z) = H_0(x, y, z, 0) \quad (x, y, z) \in \Omega$$

边界条件:

(1)第一类边界条件:

$$H(x, y, z, t) |_{\Gamma_1} = H_1(x, y, z, t) \quad (x, y, z) \in \Gamma_1$$

(2)第二类边界条件:

$$K \frac{\partial H(x, y, z, t)}{\partial n} |_{\Gamma_2} = q(x, y, z, t)$$

式中: Ω ——立体时间域; $H_0(x, y, z, 0)$ ——研究区各层初始水头值; $H_1(x, y, z, t)$ ——研究区各层第一类边界 Γ_1 上的已知水头函数(L); $q(x, y, z, t)$ ——第二类边界 Γ_2 上的单位面积法向流量[$L^2 T^{-1}$],对于隔水边界, $q=0$ 。

通过 Waterloo Hydrogeologic 公司研制的《Visual MODFLOW》数值模拟软件模拟分析,该段基坑总涌水量约20000 m^3/d ,单井出水量约1200 m^3/d ,共布

置20口降水井(含3口观测兼备用井)。降水井结构设计上仅在基坑底板以下设置9 m长滤管,底板以上为实管,便于后期降水井的封井,同时降水井全孔投滤料,起到对基坑底板以上含水层的疏干效果。

3.3 主线隧道坑外备用井设计

主线隧道坑内降水后,坑内、外的水位差达到约20 m,对围护结构的质量是一个极大的考验,特别是地下连续墙的接缝处往往是薄弱环节,极易在高水头压力作用下发生渗漏,甚者可形成管涌,给基坑安全带来威胁。南京其它类似基坑工程就发生过因围护结构缺陷及坑内、外水头差过大而形成的基坑管涌事故。因此,本次在主线基坑外布置20口坑外备用井(含放坡开挖时布置的11口降水井),平时可作为坑外水位观测井,一旦发现异常则迅速开启降低坑外地下水位。

该类降水井位于基坑外,易于保护,采用造价低、透水性好的内径400 mm、外径500 mm的无砂混凝土滤管;坑外备用井深40 m,泥孔径750 mm,全孔填滤料。

3.4 匝道降水设计

主线隧道围护结构对匝道基坑降水的影响较大,因此,匝道降水模型在主线隧道模型的基础上建立,通过三维数值模拟分析计算, M匝道坑内布置降水井11口, L、I匝道共布置14口, J匝道布置10口, M匝道水位标高等值线见图3。匝道降水井深均为25 m,坑内降水井为钢管井,滤管设置在基坑底板以下,底板以上填滤料起到疏干开挖范围内地层作用。

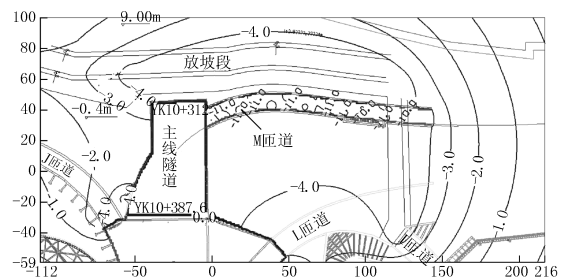


图3 M匝道水位标高等值线图(单位:m)

方案设计时采取分区分段设计原则,不考虑各区段之间降水的相互影响,这样有利于各区段基坑工作的独立开展。但实际施工过程中,因主线基坑开挖深度大、水位降深大、施工工期长,建议在主线隧道施工的同时进行匝道基坑的施工,有利于减少整个大基坑的总涌水量,降低对周边环境的影响。

各部位降水井结构见图4。

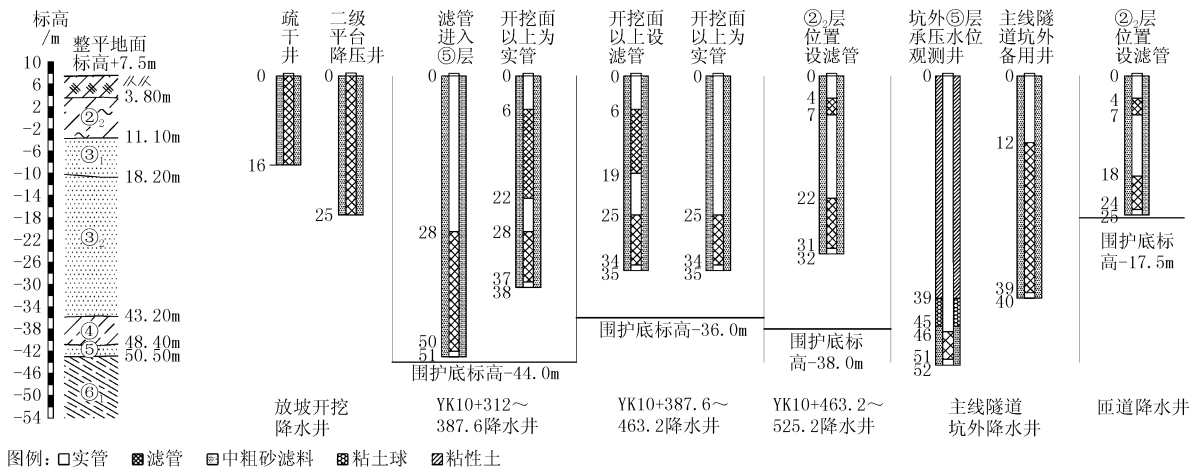


图 4 降水井结构图

4 降水对周边环境影响

通过三维地下水渗流与地面沉降的数值模拟分析后,B2-J1 区基坑外最大水位埋深达 11.00 m,地面沉降量约为 20 mm。

目前,B2-J1 区主线隧道底板已经顺利完成封底工作,降水工作逐步停止,降水未对周边环境产生影响。根据监测资料,在主线隧道基坑外备用井抽水的情况下,B2-J1 区坑外最大水位埋深为 15.16 m,比预测值稍大。基坑周围地面沉降监测值(见表 3)与预测值较为接近,坡顶为施工便道,受重型车辆碾压影响,沉降值虽远大于预测值,但未对大堤的安全造成影响。

表 3 周边环境地面沉降监测值

| 监测点位 | 地面沉降值 /mm | 报警值 /mm | 备注 |
|---------|-----------|---------|---------|
| 国际风情街侧 | 9.61 | ±30 | |
| 青奥中心侧 | 20.74 | ±30 | |
| 放坡段二级边坡 | 24.00 | ±50 | |
| 放坡段坡顶 | 56.43 | ±50 | 坡顶为施工道路 |

5 结语

B2-J1 区降水工作十分顺利,整个基坑开挖过程中干燥无水。降水工作的成功取决于对长江漫滩地区水文地质条件的正确理解,合理的降水方案以及严格的质量控制,基坑开挖过程中,地下水位始终位于开挖面以下 1~2 m,降水井抽水含砂率 < 1/10 万。通过本工程降水的成功应用,可以得出以下结论:

(1) 南京长江漫滩地区上部的淤泥质粉质粘土中夹有薄层粉土,可以通过设置疏干井排出薄层粉

土中地下水,从而使淤泥层达到类似于真空预压的效果,疏干井有效疏干面积可取 150~250 m²,提前疏干不小于 15 天。

(2) 降水设计过程中,充分利用围护结构(止水帷幕)与地层之间的关系,坑中坑采用坑内降水,有利于减少降水井数量,同时减少坑外水位埋深,利于环境保护。

(3) 针对本工程开挖范围内为厚层的砂层,采用全孔填滤料的降水井结构可以增加砂层的垂向渗透性能,有效地起到对上部砂层疏干的效果。

(4) 基坑内、外水位差过大易引发基坑管涌,在周边环境允许情况下,可在坑外设计备用降水井,出现异常情况时及时开启,降低坑外地下水压力。

(5) 降水井管材选择上,应结合工程特征,合理选用管材,保证基坑工程安全的同时降低工程造价。

该深大基坑工程降水方案的成功实施对今后类似工程具有重大的参考意义。

参考文献:

[1] 肖裕生,施春华. 南京地区第四系主要地层类型及分层探讨[J]. 南通大学学报(自然科学版), 2008, 7(2): 60-65.

[2] YB 9258-97, 建筑基坑工程技术规范[S].

[3] 吴林高. 工程降水设计施工与基坑渗流理论[M]. 北京: 人民交通出版社, 2003.

[4] 吴林高, 李国, 等. 基坑工程降水案例[M]. 北京: 人民交通出版社, 2009.

[5] 薛禹群, 谢春红. 地下水数值模拟[M]. 北京: 科学出版社, 2007.

[6] 夏明耀, 曾进伦. 地下工程设计施工手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999.