

南水北调中线干线穿漳工程防渗降水施工技术

孙晓辉

(南水北调中线干线工程建设管理局 河南直管部, 郑州 450004)

摘要:通过对穿漳工程防渗降水施工不同方案的分析,确定最终施工方案为以堵为主,以排为辅的方案,而堵的方案选择帷幕灌浆,排的方案选择井点排水为主结合集水井明排。经过一、二期工程的施工,达到预期效果,按期完成了工程施工,解决了砂卵石地层深基坑开挖的防渗降水技术难题。

关键词:穿漳工程;帷幕;灌浆;基坑;降水

中图分类号:TV68;TV543 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-1683(2011)04-0152-04

Practice of Seepage-proofing and Dewatering for the Zhang River Crossing Project in the Middle Route of South-to-North Water Diversion Project

SUN Xiao-hui

(The construction and administration bureau of the South-to-North Water Diversion Middle Route Project, ZhengZhou 450004, China)

Abstract: Based on the analysis of different schemes of seepage-proofing and dewatering for Zhang River Crossing Project, the study determined the scheme of blocking as main and discharging as assistance. The blocking scheme selected curtain grouting and the discharging scheme selected the combination of drainage by well points and collecting wells. After the first and second stage constructions, the project attained expectation effect and implemented the project on schedule as well as solved the technical challenges in terms of seepage-proofing and dewatering in the gravel stone foundation pit.

Key words: Zhang River Crossing Project; curtain; grouting; foundation pit; dewatering

1 工程概况

南水北调中线一期总干渠穿漳河交叉建筑物工程(以下简称“穿漳工程”),位于河南省安阳市安丰乡施家河村与河北省邯郸市讲武城之间。东距京广线漳河铁路桥约2 km,距107国道约2.5 km,南距安阳市17 km,北距邯郸市36 km,其上游11.4 km处建有岳城水库。

南水北调中线一期干线工程为I等工程,输水建筑物为1级建筑物。穿漳工程为输水工程的一部分,主要建筑物为1级,次要建筑物为3级。其中南岸连接渠道、进口渐变段、进口检修闸、管身段、出口节制闸、出口渐变段、北岸连接渠道、退水闸和排冰闸首控制段,按1级建筑物设计,退水闸泄槽、消力池、海漫、防护堤、护岸工程按3级建筑物设计。

工程建筑物采用渠道倒虹吸型式,由南向北分别由南岸连接渠道(包括退水闸、排冰闸)、进口渐变段、进口检修闸段、倒虹吸管身段、出口节制闸段、出口渐变段、北岸连接渠道等组成,在南岸连接渠道右侧设有退水、排冰闸。穿漳工

程轴线总长1081.81 m,其中倒虹吸管身段轴线长619.18 m。建筑物干渠桩号为730+640.19至731+722 m,工程轴线起点坐标为: $X=4\ 012\ 543.63, Y=38\ 528\ 329.45$ (1954年北京坐标系,下同),终点坐标为: $X=4\ 013\ 560.00, Y=38\ 528\ 700.00$ 。下游护岸位于工程轴线下游约1.26 km,护岸工程顺流向长度500 m。

漳河南岸总干渠设计水位92.19 m,加大水位92.56 m,北岸总干渠设计水位91.87 m,加大水位92.25 m,设计流量235 m³/s,加大流量265 m³/s。

2 工程地质条件

2.1 地形地貌

穿漳工程所在漳河两岸地势平坦,河谷为碟形谷,宽约2.5 km,交叉处河床高程约75.0 m,枯水期水面宽约70.0 m,两侧为漫滩及一级阶地。

漫滩:沿河两岸均有分布,地面高程80.0~84.0 m,向河床微倾,左岸宽度大于1.0 km,右岸宽约300.0~500.0 m。

收稿日期:2011-03-24 修回日期:2011-07-06 网络出版时间:2011-07-23

网络出版地址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20110723.1703.011.html>

作者简介:孙晓辉(1968-),男,河南开封人,高级工程师,主要从事水利工程建设管理工作。E-mail:sunxiaohui@nsbd.cn

一级阶地:两岸均有分布,阶面平坦,地面高程 86.0~93.0 m,宽度 0.7~1.5 km。

2.2 地层岩性

工程区内主要由上第三系(N)及第四系(Q)地层组成,其中第三系(N)上部为砾岩,多无胶结,局部钙质胶结,厚 4.0~20.0 m 不等;下部为黏土岩,厚度大于 3.0 m。第四系(Q)可分为上更新统(alQ₃)、全新统下部(alQ₄)和上部(alQ₄¹)冲积层。

上更新统(alQ₃):主要为卵石,厚 18.0~40.0 m,顶部局部分布有灰黄、灰褐色黏土及砂壤土、粉细砂、中砂、砾砂薄层或透镜体。

全新统下部(alQ₄¹):主要由卵石组成,层厚 1.5~15.0 m,局部夹砾砂透镜体及薄层粉细砂、中砂。

全新统上部(alQ₄²):由粉质壤土、砂壤土、粉细砂、中砂组成,总厚度 3.0~12.0 m,分布于漫滩及河床。

2.3 水文地质

工程区地下水类型为潜水。含水层主要为砂层、砂卵石层,总厚度 70.0 m 左右。各含水层透水性不均一,其中砂层具中等透水性;砾岩、砂卵石及卵石具强透水性,渗流系数为 $9 \times 10^{-1} \sim 1.0 \times 10^{-1}$ cm/s。各含水层之间水力联系密切,水量丰富。地下水埋深小,水位 76.0 m 左右,水位随季节而变化,一般变幅 1.0~2.0 m,主要受大气降水及洪水期河水补给,向下游排泄及补给下部含水层。地下水流速为 0.56 m/d,流向 SE45°(与漳河主流向一致)。

3 防渗降水施工方案

穿漳河倒虹吸工程为明挖式现浇混凝土有压箱涵,基坑最大开挖深约 22 m,基坑底面有地下水头 16.8 m,地层为强透水地基,基坑开挖过程中可能遇到基坑涌水、涌砂问题和基坑临时边坡稳定问题。穿漳工程出口纵剖面图见图 1。

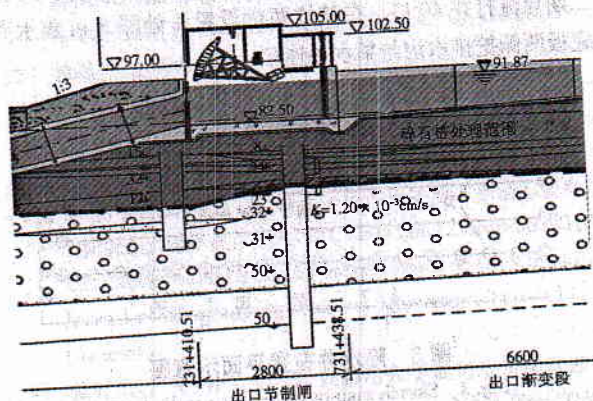


图 1 穿漳工程出口纵剖面示意图
Fig. 1 Longitudinal-section sketch map of Zhang River Crossing Project exit

穿漳工程采用二期导流方案,一期围右岸,二期围左岸,均为明渠过流。一、二期围堰均由上、下游围堰和纵向围堰组成;一期左纵向围堰位于主河槽的右侧,二期右纵向围堰位于一期基坑内(主要是管身段与上下游围堰搭接部分)。

穿漳工程表层 7~9 m 为粉细沙层,9~55 m 为砂卵石层,55~60 m 为砾岩层,60 m 以下为黏土岩层,由于砾岩、

砂卵石及卵石具强透水性,渗流系数为 $9 \times 10^{-1} \sim 1.0 \times 10^{-1}$ cm/s。

3.1 纯降水方案

如果采用单一纯降水的施工方案,根据降水试验结果的推算,当降水井数增加至 176 个时,基坑内水位全线降至 61.8 m 以下,基坑内地下水水位倒虹吸处最低管底高程 61.8 m,因此该方案是可以满足降水要求的,但该方案缺点是井点数较多,基坑总抽水量为 $1\ 267\ 200\ \text{m}^3/\text{d}$,这样对周围的降水影响太大,不能采用。

3.2 纯封堵方案

采用此方案,虽然技术成熟,稳妥性高,但是工期过长,就是采用大会战的形式组织施工,抢工期也不能满足 3 个月的工期要求。

3.3 以堵为主,以排为辅的方案

南水北调中线干线工程建设管理局河南直管部邀请了国内专家,召开专题研讨会,经过了专家论证,专家组认为采用“以堵为主,以排为辅”的方案,只要透水率保证在 10^{-4} cm/s 左右结合排水就可满足干地施工要求,在施工工期和成本投入方面有很大优势,方案是可行的。

① 堵的方案,主要有高压旋喷、连续墙、帷幕灌浆 3 种施工方法。a. 高压旋喷:技术角度结合实际情况专家组认为高压旋喷在此项目上不可行,原因一是高压旋喷施工工艺技术保证在 25 m 左右,当前施工要求为 60~70 m 左右;二是整个基础为强透水层,并有流动性,不适宜用于高压旋喷施工环境。b. 连续墙:成本过高,工期最快不小于 6 个月,即使采取大会战形式也满足不了工期要求。c. 帷幕灌浆:尽管实际效果不如连续墙,但是此工程为临时性工程,工程工期较短,只要透水率保证在 10^{-4} cm/s 左右,结合排水就可满足干地施工要求,综合成本投入较经济可行。

② 排的方案,主要采用以井点降水,结合基坑集水井明排的方案。

最后经过专家组推荐,监理审批,采用“以堵为主,以排为辅”的方案,即帷幕灌浆加井点排水的基坑降水处理方案,该方案在一期、二期导流工程具体实施过程中,没有出现大面积的帷幕漏水现象,保证了穿漳工程的正常施工,证明该方案是科学合理、经济可行的。

4 帷幕灌浆工程施工

4.1 帷幕灌浆方案

帷幕灌浆方案采用三排灌浆孔布置,排距 2 m,孔距 2 m,按照梅花形布置,每排孔按顺序又分 I 序孔、II 序孔,孔位布置沿围堰边界范围内。一期帷幕灌浆孔布置见图 2。

钻孔深度达到要求:钻孔深度必须钻穿砾岩,入黏土岩 0.5~1.0 m,一般孔深控制在 50.0~60.0 m 左右;孔位按图纸要求布设,位置必须正确;分 I、II 序孔进行钻灌施工或一端向另一端推进,不分序钻灌施工;严格按帷幕灌浆浆液配比及灌浆结束标准施工。

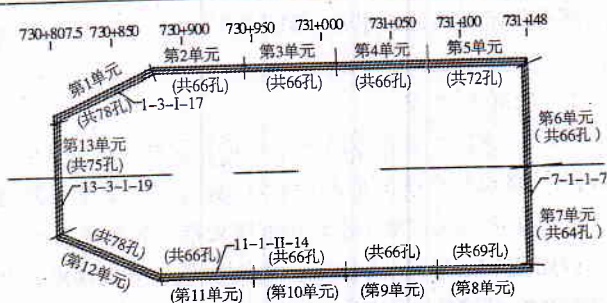


图2 一期帷幕灌浆孔位布置示意图

Fig. 2 Sketch map of hole positions layout for the first stage curtain grouting

4.2 灌浆材料的选择

4.2.1 水泥黏土浆配比

灌浆选用的灌浆材料为水泥黏土浆,采用水泥:黏土=1:2.5,水:固(水泥+黏土)采用1:1.0.6:1两个比级,开灌视地层情况而定,原则上由稀至浓,逐级变换,吸浆量特大地层可灌注水泥砂浆。

4.2.2 水泥浆配比

灌注纯水泥浆的水灰比采用5:1.3:1.2:1.1:1.0.8:1.0.5:1等六个比级,开灌水灰比采用5:1。

4.3 施工次序

遵照分排分序、逐渐加密或一端向另一端推进、不分序的原则进行。前者先对各单元下游排孔进行钻灌,再对上游排孔进行钻灌,中间排孔同时作为上下游排施工质量检查孔,检查不合格继续灌浆,同排内各孔分两个次序钻灌,先钻灌I序孔,后施工II序孔,后者采取相邻的上下游排孔同时钻灌和灌浆,钻灌不分次序,钻孔与灌浆保持一段距离,从一端向另一端推进,尽量保持灌浆后不再受钻孔风压的破坏。

4.4 灌浆顺序

潜孔锤钻至终孔后,下设灌浆工作管至孔底,自下而上分段进行灌浆。当埋设的灌浆工作管底部为花管时(花管长度一般为3.0 m),可直接灌浆;当埋设的灌浆工作管不是花管时,需提高灌浆工作管高度,保证射浆管口比孔底高0.5 m。

灌浆时按照3.0 m分段进行灌注,分序钻灌施工时,后序排孔钻孔需待前序排孔灌浆结束7 d后方可进行。

4.5 灌浆压力

53.0 m高程以下段:I序孔为0.5 MPa,II序孔为0.8 MPa;当该段尚未灌注水固比为0.6:1水泥黏土浆或仅灌注了0.6:1水泥黏土浆,30.0~20.0 m孔段不足3 000 L,20.0 m以上孔段不足2 000 L,且注入率小于10 L/min时,I序孔压力按0.3 MPa→0.5 MPa→0.8 MPa,II序孔按0.5 MPa→0.8 MPa→1.0 MPa逐级升压。孔口段灌浆周围冒浆时,应降低压力或暂停,及时进行人工封堵,夯实处理,处理后再升压灌注。若仍无效,应结束该段灌浆,记录中应如实记录压力、注入率及冒浆情况。

4.6 结束标准

灌浆结束标准为注入率不大于5 L/min,持续20 min;当孔深30.0 m以上(即53.0 m高程以上)段可灌性较差时,灌浆结束标准为:当每升一级压力,注入率大于10 L/min时,

应在此压力下灌至小于10 L/min后再升压,直至达到0.8 MPa(I序孔)和1.0 MPa(II序孔),且注入率小于3.0 L/min后结束。

4.7 封口

灌浆孔灌浆结束后可采用导管法向孔内注入水泥砂浆,或采用全孔灌浆法进行封口。灌浆孔需保留时,孔口应加塞保护。

4.8 孔斜

钻孔过程中尽量防止钻孔发生偏斜,首先找到孔号校对孔位,将潜孔锤移至钻孔位置,对准孔位,然后用水平尺调整机身水平,立轴垂直,垫平、垫牢机座,并反复测试无误后方可开钻,钻进过程中时刻注意观察钻机的工作情况,并随时用水平尺校对平整度和垂直度,发现偏差超过规定要求应及时纠正或采取补救措施,各个深度的钻孔偏距不得超过孔深的2.5%。

4.9 水泥黏土浆的拌制与储存

① 先制备和储存足够的黏土浆。先将黏土用锤式粉碎机拌制成黏土泥浆,黏土浆的拌制时间不少于10 min,搅制好的泥浆应使用筛网或旋流式除砂器除砂,筛网孔眼尺寸不大于2 mm。黏土泥浆的密度应 $\geq 1.25 \text{ g/cm}^3$,黏度38 s。

② 配制水泥黏土浆时,先加水,再加水泥,后加入黏土浆。加入黏土浆后拌制时间不应少于2 min。

③ 配置好的水泥黏土浆在8 h以内应当使用完毕,否则应予废弃。

5 基坑降水施工

基坑降水施工主要采用以井点降水,结合基坑集水井明排的方案。

降水井沿基坑周围一级马道上76 m高程间距20 m布置见图3,降水井深度为水平管身段底板高程61.9 m下打2 m,并深16 m左右,降水井直径40 cm,一期导流打井36口,二期导流打井40口。在基坑两侧设置4处深3 m集水井,底板两侧挖排水沟与集水井连接。

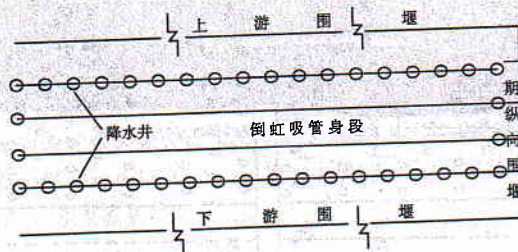


图3 降水井布置平面示意图

Fig. 3 Sketch map of dewatering wells layout

一期井点降水采用36台流量为 $65 \text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程为36 m、功率15 kW的潜水泵抽排水,实际每天只启动8~10台潜水泵抽排水;基坑集水井明排采用20台流量为 $300 \text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程为40 m、功率75 kW的离心泵抽排水,实际每天只启动12~15台离心泵抽排水,每天降排水量约为8万 m^3 左右。二期井点降水采用40台流量为 $65 \text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程为36 m、功率15 kW的潜水泵抽排水,实际每天只启动4~6台潜水泵抽排水;基坑集水井明排采用14台流量为 $300 \text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程为40 m、功率75 kW的离心泵抽排水,实际每天只启动7~10台

离心泵抽排水,每天降排水量为 5 万 m³ 左右。

在基坑降水过程中,发现个别的帷幕漏水,采用复打帷幕灌浆孔,水玻璃水泥浆补灌的方式补漏,效果良好,在后期管身施工过程中,没有发生帷幕漏水现象。基坑开挖横断面见图 4。

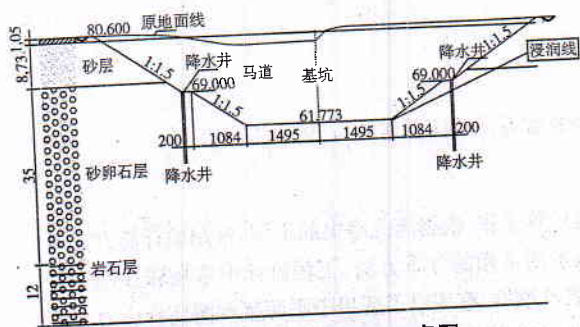


图 4 基坑开挖横断面示意图

Fig. 4 Cross-section sketch map of foundation pit

6 结语

穿漳工程采用“以堵为主,以排为辅”的方案,即帷幕灌浆加井点排水的基坑降水处理方案,该方案在一期、二期导流工程具体实施过程中,没有出现大面积的帷幕漏水现象,保证了穿漳工程的正常施工,证明该方案是科学合理、经济可行的。该方案解决了砂卵石地层深基坑开挖的防渗降水技术难题,比原设计的高喷防渗墙缩短了工期、节约了投资,克服了高喷防渗墙 25 m 深以下防渗效果不理想的缺点,为类似的砂卵石地层下防渗降水施工提供了宝贵的经验。

参考文献 (References):

- [1] 盛馨玖,董泽清. 南水北调安阳段穿漳工程引水渠道防渗检测[J]. 山西建筑, 2010, (31): 364-365. (SHENG Qing-jiu DONG Ze-qing. On Anti-seep Check for Headrace Channel of Crossing Zhanghe Project of Anyang Section of South-to-North Water Transfer Projects[J]. Shanxi Architecture, 2010, (31): 364-365. (in Chinese))
- [2] 张伟,定陪中,胡文利,等. 南水北调穿漳工程基坑降水试验及降水方案研究[R]. 武汉:长江水利委员会长江科学院, 2010. (ZHANG Wei, DING Pei-zhong, HU Wen-li, et al. Wear Zhanghe River Engineering Foundation Pit Dewatering Test and Precipitation Scheme Research [R]. Wuhan: Changjiang River Scientific Research Institute, 2010. (in Chinese))
- [3] 柴军瑞. 坝基最优帷幕灌浆区厚度研究[J]. 应用基础与工程科学学报, 1999, (2). (CHAI Jun-rui. On Optimum Thickness of Curtain Grouting on Dam Foundation[J]. Journal of Basic Science and Engineering, 1999, (2). (in Chinese))
- [4] 脱云飞,王克勤,张振伟,等. 斜孔帷幕灌浆在病险水库防渗处理中的应用[J]. 南水北调与水利科技, 2011, 9(1): 145-147. (TUO Yun-fei, WANG Ke-qin, ZHANG Zhen-wei, et al. Application of Inclined-holes Curtain Grouting in the Seepage Control of the Reservoir [J]. South-to-North Water Diversion and Water Science & Technology, 2011, 9(1): 145-147. (in Chinese))
- [5] 宋玉才. 砂砾石地基垂直防渗[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2009. (SONG Yu-Cai. The Gravel Stone Foundation Perpendicularity Defends to Ooze[M]. Beijing: China Water Power Press, 2009. (in Chinese))

(上接第 136 页)

- ZHANG Hai-rong. Application of Groundwater Dynamic Prediction by FEFLOW[J]. Shanghai Geology, 2008, (4). (in Chinese)
- [2] 陈葆仁,洪再吉,汪福妍. 地下水动态及其预测[M]. 北京:科学出版社, 1988. (CHEN Bao-ren, HONG Zai-ji, WANG Fu-xin. Groundwater Dynamic and Prediction [M]. Beijing: Science Press, 1988. (in Chinese))
- [3] 胡琳,李占斌,张霞,等. 基于灰色系统的地下水动态研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2009, (10). (HU Lin, LI Zhan-bin, ZHANG Xia. Groundwater Dynamic Research Based on Grey System[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2009, (10). (in Chinese))
- [4] 俄有浩,严平,仲生年,等. 民勤哈井子地区地下水动态研究[J]. 中国沙漠, 1997, (3). (ER You-hao, YAN Ping, ZHONG Sheng-nian. Groundwater Dynamic Research in Minqin, Hajingzi [J]. Journal of Desert Research, 1997, (3). (in Chinese))
- [5] 徐强,束龙仓,杨丹,等. 北京市平谷平原地下水水位动态统计预测模型[J]. 水电能源科学, 2009, (5): 64-67. (XU Qiang, SHU Long-cang, YANG Dan, et al. Model on Groundwater Level Dynamic Statistical in Pinggu Plain of Beijing[J]. Water Resources and Power, 2009, (5): 64-67. (in Chinese))
- [6] 束龙仓,杨建青,王爱平,等. 地下水动态预测方法及其应用[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2010. (SHU Long-cang, YANG Jian-qing, WANG Ai-ping. Groundwater Dynamic Prediction and Research [M]. Beijing: China Waterpower Press, 2010. (in Chinese))
- [7] 傅志敏,向衍. 简析浅层地下水降落漏斗区热岛效应及有关概念[J]. 水电能源科学, 2010, 29(12): 36-38. (FU Zhi-min, XIANG Yan. Brief Analysis of Heat Island Effect of Shallow Groundwater Depression Cone and Relevant Concepts[J]. Water Resources and Power, 2010, 29(12): 36-38. (in Chinese))
- [8] 王喜诚,李文体,刘克岩,等. 河北省水资源公报[R]. 河北:河北省水利厅, 2010. (WANG Xi-cheng, LI Wen-ti, LIU Ke-yan. Hebei Water Resource Bulletin[R]. Hebei: Hebei Water Resource Department, 2010. (in Chinese))