

洞内降水技术在复杂环境条件下浅埋暗挖隧道施工中的应用

张俊伟

(中国水利水电第五工程有限公司,四川成都 610066)

摘要:在浅埋暗挖隧道施工方法中,传统的地下降水方法是在洞外单独设置降水井,但其会导致废弃工程量大、工程造价高、受地面环境限制等一系列问题出现。而洞内管井降水技术具有干扰小、成本低、适应性强的优点。以郑州港南高压电力隧道施工中采用洞内管井降水的实例,阐述了该方法的设计和施工情况,总结了洞内管井降水技术的适用情况、施工方法以及注意事项。

关键词:港南高压电力隧道;浅埋暗挖隧道;复杂环境;洞内管井降水技术;应用

中图分类号: TU94; TU94+3; [TU997]

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2023)03-0113-04

Application of Cavern Dewatering Technology in Shallow Buried Excavated Tunnel under Complex Environmental Conditions

ZHANG Junwei

(Sinohydro Bureau 5 Co., Ltd., Sichuan Chengdu 610066)

Abstract: In the construction method of shallow buried excavated tunnel, the traditional underground dewatering method is to set a separate dewatering well outside the tunnel, but it will lead to a series of problems, such as a large amount of abandoned works, high construction cost and limitation from the ground environment. However, the cavern tube well dewatering method has the advantages of low interference, low cost and strong adaptability. This paper describes the basic situation of the design and construction of this method through the application of the cavern tube well dewatering technology in the construction of Zhengzhou Gangnan high-voltage electrical tunnel, and summarizes the applicable situation, construction methods and matters for attention of the cavern tube well dewatering method.

Key words: Gangnan high-voltage electrical tunnel; shallow buried excavated tunnel; complex environment; cavern tube well dewatering method; application

1 概述

郑州港南高压电力隧道是新苑至港南两个变电站之间 220 kV 输电线路的土建施工,设计方案为沿会展路西侧绿化廊道布置,在其途经新港八路、新 S102 省道、规划三路、规划四路、机场南路及会展路时采用暗挖隧道(其中新 S102 省道及会展路为已建成且通车现状道路),其他路段采用明挖施工。该段线路全长 2 989 m,暗挖长度为 772 m,埋深为 9.64~11.52 m,布置施工竖井 13 座。新苑至港南暗挖隧道桩号为 K0+053~K0+160、K1+060~K1+200、K1+460~K1+570、K1+865~K1+950、K2+230~K2+450、K2+230~K2+465。拟建工程未发现对工程不

利的埋藏物,无对工程安全有影响的塌陷、采空区等不良地质条件。根据钻探试验结果,在勘探深度范围内将地层自上而下分为了 7 层。

钻探揭露,施工场地内的地下水位在-8.56 m 左右,地下水较丰富。为确保隧道土方工程顺利施工,必须在竖井开挖支护和隧道施工过程中采用降水措施抽排地下水、不间断地进行降水且需保持地下水位低于隧道基底 1 m。

在港南高压电力隧道工程施工过程中,由于在城市中采用隧道内敷设高压线的方式存在穿越距离长的特点,且不同施工区域的工程地质与水文地质条件复杂,地下水位千变万化,导致其降水方案的选择困难。特别是在跨越现有道路、建

收稿日期:2023-01-12

(构) 建筑物或广场时, 受施工环境的影响, 部分降水井无法打设。但在设计开挖高程已确定、现有地下水文条件无法改变的情况下, 如何有效降水成为浅埋暗挖隧道施工必须解决的难题之一。综合施工现场具有的各种条件, 项目部最终确定采用洞内管井降水的方案, 有效解决了该工程面临的问题, 同时降低了工程费用和施工风险^[1]。阐述了整个降水方案的设计与施工过程。

2 降水方案的设计与计算

项目部依据水文地质资料提供的土质、地下水水位高程及该段隧道结构与地下水位的的关系, 结合项目施工环境, 初步确定该工程采用洞内管井降水、排降结合的洞内排降水方案。

洞内降水井计算的主要内容包括: 涌水量计算、井深的确定、井间距的确定、抽水设备的选择等。

2.1 洞内管井降水的原理

洞内管井降水是在竖井施工完成后, 首先通过竖井外的地面管井进行降水处理, 降水处理后形成一个有效的工作长度, 然后进行隧道开挖。在隧道开挖长度达到有效工作长度时即需采取洞内管井降水的方式进行处理后方能继续向前进行暗挖隧道的施工。洞内管井降水处理是在有效工作长度的末端采用合适的钻井机械进行洞内管井降水井的施工, 施工完成后采用水泵进行洞内管井降水, 降水完成后, 即可形成一个有效的工作长度, 方能继续进行隧道开挖, 以此类推^[2]。

现以港南-新苑高压输电线路工程 K1+060~K1+200 段(4号、5号竖井之间)暗挖施工为例进行计算取值。设计图纸及现场勘查数据显示: 4号和5号竖井之间的间距为140 m, 设计竖井净空为4 m×4 m, 设计主隧道断面尺寸为3 m×2.5 m(高×宽), 开挖断面尺寸为4.1 m×3.6 m(高×宽), 垂直主隧道走向有两道现状雨水管线, 管线埋深为3.5 m。设地面高程为±0 m, 隧道底开挖高程为-10.45 m, 地下水位高程为-8.56 m, 降水深度按开挖高程以下1 m位置考虑, 由此计算出该段平均降水深度为2.9 m。考虑到该暗挖段跨现状S102省道为已投入使用的城市主干道, 其车流量大、交通繁忙, 不具备地面施工条

件。最终经研究讨论决定: 跨省道暗挖段采用洞内管井降水的方式。

在该暗挖方案中, 初步设计洞内相邻降水井间距为10 m。设计图纸显示: 施工竖井位于道路两侧的绿化带内, 具备地面施工条件, 故竖井周围采用地面管井降水。

2.2 洞内管井降水井井管理设深度的确定

洞内降水井井管理设深度系根据降水深度及含水层所在位置确定, 一般须将滤水管入含水层内, 地下水位应降至施工工作面以下1 m。洞内降水井布置情况见图1。

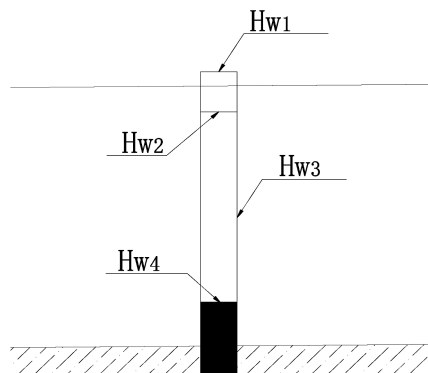


图1 洞内降水井示意图

该工程洞内降水井井管理设深度按以下公式计算:

$$H_w = H_{w1} + H_{w2} + H_{w3} + H_{w4} + i \times r = 0.3 + 1 + 2 + 1 + 1/5 \times 10 = 6.3(\text{m})$$

式中 H_{w1} 为洞内降水井露出隧道基底面的高度, 一般取0.2~0.5 m, H_{w1} 取0.3 m; H_{w2} 为降水水位距离隧道基底面的高度, 一般取0.5~1.0 m, H_{w2} 取1 m; i 为降水漏斗曲线水力坡度, 降水中呈环状布置时取1/10, 呈单排线状布置时取1/5, 本次设计 i 取1/5; r 为基坑等效半径, 取10 m; H_{w3} 为洞内降水井滤管的工作长度, 取2 m; H_{w4} 为沉砂管长度, 取1 m。

2.3 涌水量的计算

(1) 确定降水影响半径 R 。

$$R = 1.95S \sqrt{H \times k} = 33.79(\text{m})$$

式中 k 为土壤的渗透系数, 取加权平均值, $k = 5 \text{ m/d}$; H 为含水层厚度, 取7.14 m; S 为井水位降深, 取2.9 m。

(2) 确定单井涌水量 Q 。依据该工程的地质条件,项目施工对应的井型属于无压非完整井,根据达西定律,假设抽水影响半径为 R (m),则 $10R$ 长度段内的单排井点系统的涌水量 Q (m/d) 的计算公式为^[3]:

$$Q = 0.683k \frac{(2H - S) S}{\log R - \log \bar{r}}$$

式中 Q 为涌水量; R 为降水影响半径,计算得到为 33.79 m; \bar{r} 为虚拟环形井点的假想半径, $\bar{r} = \sqrt{20/\pi R} = 14.68$ (m)。

经计算 $Q = 313.06 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

2.4 抽水设备的选择

选择水泵时,一定要结合地下渗水情况配备合适功率的设备。水泵功率过大会造成浪费,过小则满足不了降水需求。在该工程中选用的水泵型号为 50LG24-20×2 潜水泵 ($24 \text{ m}^3/\text{h} = 576 \text{ m}^3/\text{d}$,扬程为 40 m,电机功率为 5.5 kW),按照额定功效的 80% 考虑, $576 \text{ m}^3/\text{d} \times 80\% = 460.8 \text{ m}^3/\text{d} > 313.06 \text{ m}^3/\text{d}$,满足要求。

3 洞内降水井的施工

3.1 打井机的选择

降水井管采用外径 400 mm、内径 350 mm 的透水无砂混凝土过滤管。根据隧道内的尺寸选择合适的钻机。该工程施工最终选用了 XY-200(YJ)型水井钻机,其外轮廓尺寸为 1 660 mm × 780 mm × 1 560 mm,钻孔直径为 150~500 mm,钻孔深度为 200 m,满足使用要求。

3.2 施工方法

(1) 测量放样。采用全站仪或 GPS 测量放样出井位,按照经计算选定的井口参数成孔。设备就位后必须保证钻杆垂直稳定。

(2) 埋设护口管。在原地面下挖埋设护口管并使其管顶部高出原地面 30 cm 左右,管外壁采用不透水的土质材料回填夯实。

(3) 钻进成孔。采用所选定的钻机钻进,成孔直径为 500 mm。钻进过程中必须控制好钻进速度,不易过快或过慢,间歇性观察钻孔的垂直度。钻孔时须一径到底,不留沉渣,井孔要求正、圆、直,孔斜率 $< 1\%$ ^[4]。

(4) 清孔。井孔达到设计深度后,采用清水对钻孔进行冲洗以降低孔内的泥浆浑浊度。

(5) 下井管。清孔满足下一步工序要求后,安放外径为 400 mm 的滤水管。为提高滤水效果,在滤水管下部包缠一层 100 目尼龙网,安放时必须保证各节管道接口严密、不错口,上下垂直为一条线。

(6) 填滤料。井管安放完成后进行滤料的回填。滤料宜采用细粒石,回填时需沿井孔四周同时进行,不间断连续回填。回填至距离原地面大约 2 m 处改用不透水的材料进行回填,以确保井口周围不渗水、透气。

(7) 洗井。滤料回填完成后,将状况良好的潜污泵缓慢下入井中,控制其距井底的高程(一般不小于 50 cm)。然后接通电源,开始抽水洗井。采用大功率的潜污泵,一般洗井 4~6 h 即可。

(8) 下泵、抽水。洗井结束后,换用经计算满足后续施工要求的潜水泵,控制其距井底的高程。本次设计为 150 cm,水泵类型为 50LG24-20×2 潜水泵 ($24 \text{ m}^3/\text{h} = 576 \text{ m}^3/\text{d}$,扬程为 40 m,电机功率为 5.5 kW)。安装前,对水泵进行试运转,确保其运行良好后可按要求放设并固定牢固。

(9) 降水结束后,将管井及时按照相应的封堵技术进行回填。

3.3 施工工艺要求

(1) 降水井管采用外径 400 mm、内径 350 mm 的透水无砂混凝土过滤管外缠土工布护孔,降水井井壁顶部 2 m 采用黏土封口。

(2) 降水井的位置、井深以及垂直度必须满足相关规范和使用要求。

(3) 井室管节与管节之间的接口必须严密、不错槎。

3.4 施工完成后洞内降水井的回填与封堵技术

在隧道结构层施工完成且不需要继续降水时,即可对降水井进行回填处理。回填前,拆除井内设备,井底采用级配砂石回填至隧道结构层底部 2 m 处,对其以上部分则采用黏土进行回填,黏土回填完成后,破除上部滤水管道结构并按照规定要求依次恢复隧道结构层:即黏土以上依次为 30 cm 厚 C25 喷射混凝土、土工布缓冲层、防

水层、土工布保护层、25 cm厚C30防水钢筋混凝土(注:防水层施工过程中必须保证与前期施工的防水层搭接宽度每边不小于10 cm,其搭接质量必须符合相关施工规范要求)。

4 降水期间的注意事项

(1)洞内管井降水井安装前、后均应进行试运转。

(2)降水过程中如发现出水量突然减小时应及时排查问题,若是设备出现故障则应及时更换;若为地质情况发生变化则应第一时间通知监理、业主及地勘单位到场重新研判,提出新的解决方案。

(3)降水设备的用电应由具有专业资格的电工进行维护并配安全员配合日常巡查,发现问题及时纠正。编制相应的应急预案并进行演练,以确保不发生任何用电事故,或在其发生时能够第一时间有效组织救援。

(4)对于所抽排的地下水,应按相关部门的要求进行排放,不得肆意抽排,应尽可能地利用(如绿化,日常灌溉或洒水降尘使用)。

5 应急处理方法

(1)由于地质预报不准确和超前处理措施不当等原因造成开挖工作面出现涌水、涌砂时,由现场值班人员在洞内拨打电话上报项目部应急领导小组;若有人员受伤,项目部应立即与当地医院取得联系,安排住院抢救事宜并立即启动应急预案,同时向当地安监部门报告。

(2)隧道开挖时若工作面发生涌水,应将人员、移动机械立即撤离,启动警报,断开高压电,启动低压照明,避免触电事故的发生。启动大功率抽水装置减缓水位升高以利于人员安全撤离。人机安全撤离后,采用机械排水。

(3)待涌水、涌砂情况稳定后方可进行地灾的处理,由洞外向洞内进行清理、疏通排水设施,降低洞内水位;施作钻孔卸压,对涌水处进行钻孔分流。当涌水口被分流且由集中流变为细流时进行突水口的引排、封堵。根据已有的施工经验,可以采用双液注浆封堵。如果注浆封堵不住,可以采用泵压混凝土填充封堵后再注浆的方式进行处理。当工作面涌水且地质情

况较差时,涌水涌砂会引起坍塌,为确保施工安全,可以采用混凝土封堵的方式进行处理,施作止浆墙,采用帷幕注浆加固;当发生涌水、涌砂而处理时间较长时,可以利用导坑绕行以保证继续施工。

6 结语

(1)在浅埋暗挖隧道施工中,由于洞内管井降水不受地面条件的限制,对于穿越地表有道路、广场等不具备地面施工条件且又必须降水的工程不失为一个好方法;其配合回灌井与水位观测孔可以起到减少沉降的作用。

(2)在实际工作中应多考虑洞内管井降水井深与其间距之间的关系,这些数值灵活多变,因此,一定要根据具体工程周围的地质环境进行研究计算和试验予以确定,选择最合适、最经济的布置方式。

(3)洞内管井降水的理论计算比较复杂,尤其是渗透系数、抽水影响半径等受地质条件和周围环境的影响较大。隧道内降水理论的计算公式源于基坑的计算方法。在浅埋暗挖隧道施工中,由于其环境的复杂性,还需在实践中不断总结、试验,以确定属于隧道内的降水经验公式,从而避免因布置洞内管井降水井的不合理而造成资源的浪费或达不到预期效果。

参考文献:

- [1] 黄华,叶磊. 地铁建设工程洞内降水方法应用[J]. 铁道建筑技术,2018,56(增刊1):205-208.
- [2] 宋德聪,陈志强,王丽媛. 北京地铁复八线建国门至永安里区间隧道施工洞内降水技术的应用[J]. 市政技术,1996,24(1):38-42.
- [3] 于海祥. 单排轻型密布井点降水在基槽开挖施工中的应用[J]. 市政技术,2010,38(5):127-129.
- [4] 张新伟. 浅谈复杂地质条件下地铁隧道降水工程洞内辅助措施的应用[J]. 科技与企业,2016,25(4):159-161.
- [5] 李铁生,郝志宏,李松梅,等. 复杂环境条件下洞桩法暗挖车站导洞内降水方案研究——以北京地铁8号线王府井站为例[J]. 隧道建设,2015,35(6):559-564.

作者简介:

张俊伟(1988-),男,河南滑县人,项目总工程师,工程师,从事市政工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)