

北京地铁富水隧道施工综合降水技术探讨

宋云财

(中铁十三局集团有限公司, 吉林 长春 130033)

摘要:北京地铁四号线十八标段区间隧道顶板埋深12 m,处于地下水位之下,施工中若采用地表井点降水将严重影响道路交通,井点降水施工产生的泥浆污染周边环境;同时,受限于地层渗透性小的因素,单一井点降水施工难以实现预期的降水效果,严重影响区间隧道施工安全。结合既有基坑降水技术,采用隧道内辐射井降水、管井降水和井点降水相结合的综合降水技术,解决了施工中占路难和降水施工扰民难题,为地铁施工带来了良好的社会效益。

关键词:地铁工程;区间隧道;辐射井;降水;施工技术

中图分类号:U231.3

文献标识码:A

文章编号:1672—1144(2012)01—0160—04

Discussion on Integrated Water-lowering Technology in Construction of Beijing Subway Tunnel

SONG Yun-cai

(China Railway 13TH Bureau Group Co., Ltd., Changchun, Jilin 130033, China)

Abstract: The running tunnel in 18 tender of Beijing Metro Line 4 is below the water table, its depth of roof is 12 m. The surface well point dewatering in construction would greatly impact on traffic and pollute the surrounding environment. At the same time, the single well point dewatering would be difficult to achieve the desired precipitation effect so as to greatly impact on the construction safety of running tunnel. Here, based on existent precipitation techniques, the integrated precipitation technology combining with the radial well dewatering, tube well dewatering and well point dewatering is adopted to solve some difficult problems as road appropriation and disturbance for public living in construction, and bring good social benefits for subway construction.

Keywords: subway project; running tunnel; radial well; water lowering; construction technology

0 概述

城市轨道交通是现代化城市的一个重要标志,地下铁道目前已经在我国许多大城市中进行建设。在地铁修建过程中,地铁线路绝大部分处于地下水位以下^[1-3],具有点多、线长、施工时间长的特点,对如何处理施工中的地下水是一大难题,施工中如何进行地下降水以确保地铁正常施工以及如何遏制地下降水所导致的地面沉降,实质上都归结为如何科学进行施工中的降水问题。降水施工作为隧道开挖支护的辅助工程,是工程施工的难、重点之一,城市地下水系较复杂,降水质量好坏直接决定着工程是否能进行开挖,其降水效果的好与坏直接影响到

开挖支护的安全与否,并影响到整个工程及周围建筑物、地下管线及道路的安全,继而影响工程质量和工期^[4-6]。由于地铁沿线大多数在城市繁华街道下通过,单一的降水措施难以满足开挖支护的需要。

北京地铁四号线工程中关村一成府路区间位于北京大学东门、中关村北大街上。中关村北大街为双向6机动车道和2条非机动车道以及2条人行道组成,总宽度为40 m。区间若采用井点降水对交通影响很大,同时井点降水施工产生的泥浆对周围环境影响也较大。在这种情况下提出了辐射井施工工艺。使得上述问题迎刃而解。本文详细阐述了在施工中采取辐射井降水、管井降水、洞内管井降水等多种降水措施相结合的综合降水技术。该综合降水技

术不仅解决了施工中占路难的问题,而且彻底解决了降水施工干扰居民生活的难题,为地铁施工带来了良好的社会效益。而且从掌子面开挖的情况来看达到了无水作业的要求,隧道内环境良好,达到预期的效果。

1 工程地质概况及工程特点

1.1 工程地质概况

北京地铁四号线十八标段区间隧道洞身为马蹄形结构,采用浅埋暗挖法施工。隧道顶板最大埋深 12 m。隧道地层自上而下依次为人工填土、第四纪全新世冲洪积地层(在古清河故道地段分布有新近沉积层厚度约为 10 m)、晚更新世冲洪积地层。剖面上沉积韵律分布比较明显。基岩埋深即为第四系覆盖层厚度,约为 100 m~150 m。勘察所揭露地层最大深度为 40.0 m,地层层序自上而下依次为:

- (1) 人工填土层(Qml);
- (2) 第四纪全新世冲洪积层(Q4al+pl);
- (3) 第四纪晚更新世冲洪积层(Q3al+pl);
- (4) 区间隧道大多在第四纪全新世冲洪积层(Q4al+pl)中,隧道拱部位于粉质粘土③1、粉细砂③3、粉质粘土④及粉土④2层中。

本工程场地位于永定河冲积扇的北部边缘,古清河故道东侧。原始地貌形态已人为改观,地形较平坦。场地上方有行道树、照明线路,地下分布有电缆、光缆、各种管道等。车站西南侧有绿地,高出地面 0.5 m~1.5 m。

1.2 水文地质情况

本标段所在地层中孔隙水按赋存条件分为上层滞水、潜水和承压水。上层滞水主要集中在含水层粉土③层,透水性一般,水位埋深为 2.48 m~7.19 m。潜水集中在含水粉细砂③3层,水位埋深 10.12 m~10.20 m。承压水在卵石圆砾⑦及粉细砂⑦2层等强透水层中,渗透系数大,水位埋深为 16.17 m~18.61 m。

1.3 工程难点

由于中~成区间地处北京中关村北大街,是连接北京市区与上地开发区要道,过往车流量极大。地面降水施工给交通带来极大的困难。同时,中关村北大街沿线地下埋有大量的地下管线,有电信、电力、雨水、污水、热力、燃气等管线,为降水井井位的选择带来极大的困难。

2 城市地铁施工综合降水技术

2.1 方案选择

考虑到实际的交通状况,在中关村北大街上的降水采用辐射井施工方案,位于施工场地以内的降水采用井点降水施工方案。根据隧道开挖状况,如果隧道底部仍有明水出现,则要采取隧道内管井井点降水施工方案。

2.2 辐射井施工

2.2.1 辐射井竖井施工

辐射井竖井施工分为沉管法施工和锚喷法施工^[7-8],根据场地情况和地层情况,选择最合理的施工方法,达到最佳的施工目的。本工程采用锚喷法施工,其施工顺序为:测量放线→开挖竖井圈梁土方→绑扎圈梁钢筋→支立模板→浇筑圈梁混凝土→立龙门架→砌围护墙、搭护栏→开挖竖井土方→安装钢格栅→喷射混凝土→竖井底板。

竖井采用逆作法施工,竖井施工应逐樨开挖,竖井采用人工开挖龙门架垂直运输,开挖时分左右两侧进行开挖,每次开挖一侧,严禁同时开挖两侧,严禁整个墙体同时悬空。竖井的纵向联接钢筋为 $\Phi 18 @ 1000$,单层,连接为搭接焊,焊缝长度为 $10d = 180 \text{ mm}$ 。纵向联接筋锚入圈梁和底板部分长度不小于 800 mm,上下相临格栅的间距为:自地面以下 10 m 为分界线,10 m 以上钢格栅上下间距为 800 mm,10 m 以下钢格栅上下间距为 600 mm。竖井并壁与底板相接处设钢格栅一樨。竖井底板采用钢格栅 + 300 mm 厚 C20 现浇混凝土,钢格栅纵横间距均为 1 000 mm,和竖井边墙的连接满足搭接倍数。竖井井口设置锁口圈梁,锁口圈梁结构为 C20 现浇钢筋混凝土结构。

2.2.2 辐射井水平井施工工艺

辐射井水平孔采用双壁钻杆水力反循环法施工,双壁钻杆水力反循环施工工艺成孔适用于粘性土、粉土、各种砂层及砾石地层,其成孔最大长度可达 50 m。这种工艺能有效控制成孔超径、流砂层塌陷等原因引起的地面沉降,其施工如图 1 所示,施工流程见图 2。

(1) 钻机安装:将钻机置于厚 10 mm 的钢板上,用升降机将钻机下入竖井内水平孔施工的深度,然后固定钢板。调整好水平孔位置和钻孔延伸方向后,利用竖井壁将钻机固定。

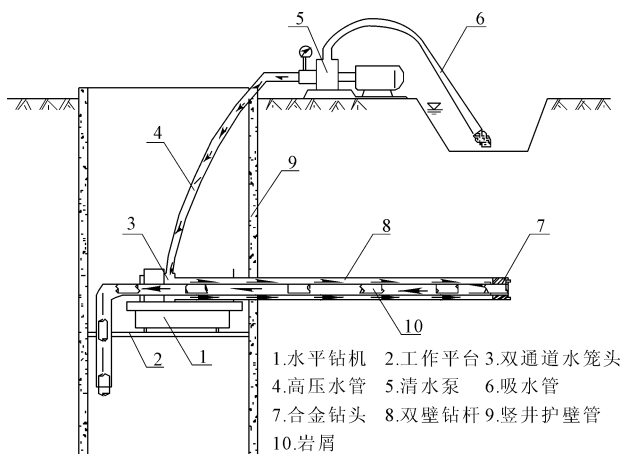


图 1 辐射井水平孔双壁钻杆水力反循环法施工示意图

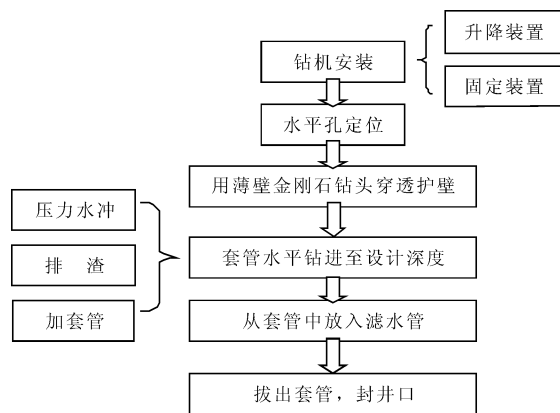


图 2 管井施工工艺流程图

(2) 水平孔定位: 水平井的标高位置应参照降水设计方案提供的水平孔位置图, 结合竖井施工过程中实际地层情况、含水层实际标高确定。根据区间永中线控制点施放水平井井位和确定钻孔延伸方向, 正常情况下井位偏差 ≤ 30 mm, 若遇特殊情况需调整井位或方向时, 应及时通知技术人员在现场调整。

(3) 水平孔长度: 水平井距离隧道结构顶 2 m 以上时, 水平孔长度按设计长度施工, 若地层条件不能满足, 水平井位于隧道结构顶以下时, 水平井长度要适当减少, 到隧道外轮廓为止, 不能穿透结构。

(4) 套管钻进: 通过双壁钻杆利用高压水冲钻进将孔内渣土从钻杆内排出, 钻进过程中根据出渣量的情况控制水压力和钻进速度, 尤其是在卵砾石地层中, 避免管内残留过多的岩屑。

(5) 放入滤水管: 钻进到设计深度后停钻, 利用高压水力正循环方式将套管内的残渣清理干净, 然后将滤水管缓缓推进, 滤水管接口部位要连接平整牢固, 避免刮蹭套管, 滤水管出口段要安装节门。

(6) 起拔套管: 起拔套管前需下入一根顶杆将

套管内滤水管顶住, 然后逐段拔出套管。拔套管期间要防止将滤水管带出。

2.2.3 管井施工方法及技术要求

北京地铁四号线工程中关村~成府路区间隧道管井施工方法如下:

(1) 定井位: 根据降水设计方案提供的井位图、地下管线分布图及甲方提供的坐标控制点, 并参照车站或区间永中线控制点施放降水井井位。正常情况下井位施放偏差 ≤ 20 mm, 若遇特殊情况(比如地下障碍、地面或空中障碍)需调整井位时, 及时通知技术人员在现场调整, 井间距根据图纸, 可适当调整 $\neq 130\%$ 。为保证安全, 定出井位后挖 2.5 m 探坑以查明井位处有无地下管线、地下障碍物, 挖探坑的平面尺寸应和钻孔钢护筒相近(稍大一点), 探坑深度必须以挖(或钎探)到地层原状土为准。

(2) 埋设护筒: 为避免钻进过程中循环水流将孔口回填土冲塌, 钻孔前根据现场实际情况埋设钢护筒。护筒外径 0.8 m, 深度视地层情况而定。在护筒上口设进水口, 并用粘土将护筒外侧填实。护筒必须安放平整到位, 护筒中心即为降水井中心点。

(3) 垒砌泥浆池: 为保证钻进过程中水流循环及保存钻孔出渣, 在施工路面降水井时, 在路面垒砌不小于钻孔体积 1.5 倍泥浆池以保证钻机的正常作业。

(4) 钻机就位、调整: 钻机就位时调整钻机的底座水平和钻塔垂直, 并用机台木垫实, 钻机对准孔位后钻机安放要平稳、钻杆垂直, 对位偏差不大于 5 cm。

(5) 钻孔: 在钻孔过程中保证孔内泥浆保持一定水头高度, 防止孔壁坍塌。在地层条件允许的情况下, 尽量使用地层自造泥浆成孔, 若钻孔通过易塌孔的流砂层或泥浆漏失严重的地层时, 用人工拌制泥浆护壁钻进, 泥浆比重控制范围 1.10~1.30。

(6) 井深控制: 井深以设计井底标高控制, 施工前先测量出井口标高, 计算出设计井深, 成孔时以测绳量测井深, 成井深度不小于设计井深。

(7) 井管安装: 井管采用无砂水泥管, 下井管时检查井管接头部位有无缺损裂纹, 严禁“带伤”井管下入井内。井管外用尼龙网裹严, 以免挤入泥沙淤塞井管, 为防止井管错位, 用竹条竖向固定井管。

(8) 井管吊放: 吊放井管要垂直轻放, 并保持井管处在井孔中心, 为防止雨水泥砂或异物流入井中, 井管要高出地面不小于 200 mm, 封住井口临时保护。

(9) 填砾料: 井管下入后立即填砾料, 砾料沿井壁与井管间均匀连续填入, 将稀泥浆挤出井孔, 填砾

料时,随填随测砾料填入高度,砾料保证规格质量,含泥粉的砾料必须过筛后再用,填砾时,严禁车装冲填,以免冲撞井管产生歪斜及中间堵塞,填入砾料数量应与计算数量相符,否则查明原因,及时补救(实际填料量不小于 95% 理论计算量)。洗井时发现砾料下沉,应及时补填砾料,以免在井壁于井管间产生空洞,出现后期涌泥涌砂现象,上部 3 米采用粘土封填。

(10) 洗井:成井后及时进行洗井,洗井采用移动式空压机,洗井顺序为由上而下。洗井过程中将浆液排放至现场沉淀池进行沉淀,达到水清砂净以后,方可下泵进行试抽水排入市政管道,如发现井内不出水或水量不达标的死井,及时与设计联系进行补井,每个管井施工完成后应填写管井施工记录。

(11) 抽降水:降水水位应达到基坑底板以下 0.5 m ~ 1.5 m 以下,降水人员应按要求观测水位,降水前测量各井自然水位,降水前期一个月内一天一测,之后三天一测,雨天过后需加强观测,及时了解水位变化情况,并根据水位变化情况调整开泵地段和开泵数量。定时巡视降水系统的运行情况,及时发现和处理系统运行的故障和隐患,如:水泵抽水情况、供电线路情况、排放水的含沙情况等。

管井施工技术要求:

(1) 井位施放时必须详细调查核实场区地下分布情况,当无法确定时可采用人工开孔的方法,当确认地下无各种管线后方可施工。

(2) 为避开各种障碍物,降水井间距可作局部调整,但最大间距不应超过设计井距的 130%,且降水井总量不得减少。

(3) 站体或局部开挖施工前,降水井的布设应已形成封闭或超前 2 倍基槽宽度。

(4) 井身结构误差要求:井径误差 ± 20 mm;垂直度误差 $\leq 1\%$;井深误差 ± 200 mm。

(5) 成井采用反循环方式成井,若降水井遇较大卵石不能成井时,采用冲击钻成井,成孔后由现场质检员量测井深,监理抽查检验,符合设计要求方可提钻。

(6) 填料要求:填料为粒径 2 ~ 4 mm 的硬圆状砾料,严禁使用片状、针状的石屑,要避免填料速度过快或不均造成滤管偏移及砾料在孔内架桥现象,管井洗井及抽排水过程滤料下沉时应及时补填砾料。要求首次实际填砾量不小于理论计算量 95%。

(7) 洗井要求达到水清砂净,下管、填料完成后立即进行洗井,洗井要至上至下分层进行,直至水清砂净。特殊情况如上路施工,成井 - 洗井间隔不能

超过 24 h。当常规洗井效果不好时,可加洗井剂浸泡后再洗井。

2.2.4 隧道内管井降水

隧道内管井降水原理同地面管井降水,当隧道在开挖支护过程中遇到明水时要采取的方法。沿隧道前进的方向每隔 5 m,施工一眼管井,深度为 2 ~ 3 m。管井施工完成后,将地下水抽至竖井通过竖井排至地面。

2.3 施工排水方案及效果

施工排水工艺流程为:施工准备 → 测量放线 → 施工管沟 → 焊接排水钢管 → 砌筑暗井井室 → 将管道下入管沟 → 焊接支管 → 回填 → 夯实。

区间采用的是辐射井降水的方法,共设计辐射井 18 口,下入水泵的泵量根据水平井的出水情况而定,竖井内水位需降至隧道底板以下 0.5 m,水管尺寸和类型应以满足顺畅排水和抗压要求为前提,因辐射井位置分散相对较远,采用单井单排的方法,每口井内的水直接用泵管排入就近的市政雨水管内。排水管线暗埋于地下。暗埋管线深度应大于北京地区冻土深度。

采取综合降水施工后(见图 3),隧道开挖及支护都能够达到无水作业,作业掌子面干燥。有利于现场施工。有效的控制了地面沉降(见图 4)。



图 3 辐射井降水施工完成后效果图



图 4 辐射井降水完成后隧道开挖

3 结 论

降水施工作为隧道开挖支护的辅助工程,其降水效果的好与坏直接影响到开挖支护的安全与否。由于地铁沿线大多数在城市繁华街道下通过,单一的降水措施难以满足开挖支护的需要。由中铁十三局集团有限公司承建的四号线十八标段地处北京大学东门、中关村北大街上,其地理位置十分重要。该标段地处高校旁边,且位于繁华的中关村北大街之上。单一的降水施工技术难以实现预期的降水效果,提出的辐射井、隧道内管井降水以及井点降水的综合降水技术不仅解决了施工中占路难的问题,而且彻底解决了降水施工干扰居民生活的难题,为地铁施工带来了良好的社会效益。而且从掌子面开挖的情况来看达到了无水作业的要求,隧道内环境良好,达到预期的效果。

参考文献:

- [1] 薛禹群.地下水动力学[M].北京:地质出版社,1986:3-5.
- [2] 陈崇希.地下水不稳定井流计算方法[M].北京:地质出版社,1983:2-4.
- [3] 叶水庭,等.地下水文学[M].南京:河海大学出版社,1991:3-7.
- [4] 于学馥,郑颖人,刘怀恒.地下工程围岩稳定分析[M].北京:煤炭工业出版社,1983:11-19.
- [5] Kenneth W. Cargill, M. ASCE, Prediction of consolidation of very soft soil[J]. Journal of Geot. Eng., 1984, 110(6): 362-239.
- [6] 许春枝,陈彦群,李玉栋.城市深大基坑降水方法研究[J].中国煤田地质,2005,17(2):21-24.
- [7] 史文杰.饱和粉质砂土内浅埋暗挖法施工降水技术[J].隧道建设,2005,25(2):34-35.
- [8] 吕勤,熊军.管井降水在深基坑工程中的应用[J].低温建筑技术,2005,(2):71-72.