

# 顶管法在红岭灌区工程施工中的应用

张丙，何静

(中国水利水电第十工程局有限公司三分局,四川都江堰 611830)

**摘要:**结合红岭灌区工程美备支渠1#暗涵现场施工条件,通过优化设计方案,采用顶管施工方案穿越既有公路。该方案既可保证地下工程的施工质量,还可以降低征地、拆迁、道路交叉协调的难度,可为类似工程施工提供参考。

**关键词:**红岭灌区;美备支渠;顶管法

中图分类号:TV7;TV52

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2018)增1-0149-03

## 1 工程概况

美备支渠1#暗涵3+165~3+485段开挖深度为7~18 m,永久征地为结构投影宽度,基坑开挖范围内有大量抢种行为且为高附加值经济作物胡椒等,赔偿费用高。同时,该暗涵与X148县道交叉,施工需挖掘公路并确保通行,同时有国防电缆、10 kV高压线路、通信线路等专项拆迁项目,与各部门协调改道、保通、拆迁事宜手续多、耗时长且费用高。本着保持施工有序进行、减少协调工作难度、降低施工投资的目的,经与参建各方协调,将该段暗涵方案变更为顶管方案。

在施工纵剖图纸及施工总说明中,该暗涵地层由上至下分别为2.1~5.5 m玄武岩残积土;其下为全风化玄武岩,由风化的粘土和碎石组成,局部含有球状风化的玄武岩孤石。地下水为第四系松散岩类空隙潜水、基岩裂隙水。

设计图纸要求顶管材料为DN2000Ⅲ级钢承口钢筋混凝土管,全长320 m,其中小桩号侧123.95 m、大桩号侧175.95 m。

## 2 工作井及接收井施工

根据图纸要求,顶管采用逆作法施工,在顶管方案长度的中部设工作井一座,两端设接收井一座。

工作井与接收井均为圆形混凝土结构,内径分别为8 m、5.5 m。井体开挖施工时,采用PC300LC-7长臂挖掘机分层开挖、分层支护的方式,直至施工完成。

因工作井开挖深度约18 m,而PC300LC-7长臂挖掘机的最大挖深为13.2 m,因此,采取先将

工作井周边30 m×30 m范围内的地面按1:1的坡比降低5 m,然后再进行下部井体开挖与混凝土井圈结构施工。对于先期开挖的5 m,待开挖支护至设计高程后先施工井圈,然后采用回填的施工方法恢复至原地面。

结构混凝土施工与人工挖孔桩护壁施工方法相同,每一循环开挖完成后,按设计要求布设钢筋,立膜浇筑井圈混凝土。因井圈混凝土需要待强后才能施工,故工作井与接收井循环施工。当工作井开挖到设计结构顶高程、进行钢筋安装时,预埋支撑钢后进行井坑处理。

工作井与接收井在顶管施工完成后,井内采用开挖料分层回填至原地面。

## 3 管材及顶管方法的选用

该顶管上部覆土厚8~18 m,单向顶进长度最大为176 m。经考察,选定中山建华管桩有限公司生产的“F”型Ⅲ级钢承口钢筋混凝土管。

根据所穿越的全风化玄武岩土层含水量较大的特性,同时,为有利于加强施工进度,采用泥水平衡顶管技术、结合触变泥浆减阻的方法进行施工。

## 4 施工设备及顶力的计算

### 4.1 施工设备的组成及参数

采用泥水平衡顶管技术进行施工,结合设计顶管的直径,采用NPD2000泥水平衡顶管机顶进施工。该设备外径为2.42 m,长4.2 m;刀头切削力由2台30 kW的电动机提供。纠偏及主顶系统由4只3 000 kN油缸组成,总顶力为1 200 kN。

### 4.2 顶力计算

根据《顶管技术规程》(下称规程),顶进总力

公式为:

$$F = K\pi D_1 L f_k + N_F \quad (1)$$

式中  $F$  为顶管所需总顶力(kN);  $D_1$  为管道外径(m),该顶管外径为 2.4 m;  $L$  为管道顶进长度,该顶管方案为由中间向两端顶进,长度分别为 123.95 m、175.95 m,计算时大值为 175.95 m;  $f_k$  为管外壁单位面积与土体的平均摩阻力(kN/m<sup>2</sup>),根据《规程》表 9.1 及顶管施工地质条件选取 5 kN/m<sup>2</sup> 进行计算;  $K$  为润滑泥浆减阻系数,取值为 0.3~0.8,计算时选取 0.8;  $N_F$  为顶管迎面阻力(kN):

$$N_F = \pi D_g^2 P \quad (2)$$

式中  $D_g$  为顶管机外径,为 2.42 m;  $P$  为土舱控制压力:

$$P = Pa + P_w + P\Delta$$

式中  $Pa$  为主动土压力(kPa);  $P_w$  为顶管机所处土层水压力(kPa),根据地质情况,本工程不计算水压力;  $P\Delta$  为土仓施加的预加压力(kPa),泥水平衡式通常取 20~50 kPa,计算取 35 kPa。

$$Pa = \gamma H \tan^2(45 - \varphi/2) - 2c \tan(45 - \varphi/2)$$

式中  $\gamma$  为土的容重,取 = 18.7 kN/m<sup>3</sup>;  $H$  为地面至顶管机中心高度(m),根据施工图计算为 15.9 m;  $\varphi$  为土的内摩擦角,26.27°;  $c$  为土的内聚力,28.67 kPa。

由上述公式及说明,将数据套入公式得到的计算结果如下:

- (1) 主动土压力:  $Pa = 79.1$  kPa;
- (2) 土舱控制压力:  $P = 114.1$  kPa;
- (3) 顶管迎面阻力:  $N_F = 2098.2$  kN;
- (4) 顶进总力:  $F = 7570.9$  kN < 顶管机最大顶力 12 000 kN。

根据计算结果,顶管机满足顶进力要求。但根据设计要求,工作井每侧需设置一个中继间。

## 5 顶管施工方法

### 5.1 施工准备

#### 5.1.1 设备安装

根据蓝图顶进轴线及顶管机设备安装图精准测量放样并做好标识。按顶进轴线依次安装顶管机主顶装备导轨、主顶装置、后靠支撑钢板,然后搭建井内操作平台,安装辅助设施,同时在地面布置启吊系统、制浆系统、供电系统、控制台等,全部安装完成后进行整个系统的调试,以确保施工的

顺利开展。

#### 5.1.2 后靠施工

将后靠支撑钢板与井体混凝土预留钢筋焊接在一起,然后采用同强度混凝土将后靠支撑钢板与井壁结构混凝土之间的空隙填充并振捣密实。

### 5.2 顶管施工

#### 5.2.1 工具管进出洞

工具管顶进前,在洞口安装橡胶止水装置,防止工具管出洞时水土涌入管道造成顶进时减阻泥浆流失,同时亦可避免孔口坍塌。进洞时应注意观察止水装置压入是否均匀,有无翻转、破损等,如出现上述现象,应拔出工具管处理后重新进洞。出洞时,中心允许偏差不得大于 50 mm,高低偏差宜抛高 5~10 mm,若达不到要求,需重新调整。

#### 5.2.2 顶管施工

工具管成功出洞后,方可进行正常的顶进施工。起始阶段,机头的方向主要受导轨安装方向控制,一方面要减慢主顶推进速度,另一方面要不断地调整纠偏油罐千斤顶以准确控制机头在允许的偏差范围内。前 5 m 管道顶进偏差其左右及高程均不应超过 50 mm。纠偏角度保持在 10°~20°,不大于 1°。如果产生偏差,应及时逐步进行纠偏,纠偏按“缓纠偏、慢纠偏”原则实施。

顶进与注浆作业应同步进行,应遵循“同步注浆与补浆相结合”“先注后顶,随顶随注,及时补浆”的原则组织施工,以确保管道外围泥浆套的形成,充分发挥其减阻和支承作用。在顶进过程中,应避免长时间的泥浆停注,以保证在顶进过程中全部管段具有良好的泥浆套。压浆方式要以同步注浆为主,补浆为辅,在顶进过程中,要检查各推进段的浆液形成情况。

顶进速度需根据顶力变化与偏差情况及时进行调整,宜控制在 50 mm/min 左右。管道顶进至工作井内壁 50 cm 左右时卸载收回油罐,安装顶铁,然后继续顶进。一根管道顶进结束、收回千斤顶和环形顶铁后,通过启吊系统将已验收合格的管道由地面吊至顶进轨道上,插口与已顶进的接口对正并固定好,先在管道工作方向的前端安装楔型橡胶圈,并在橡胶圈表面涂抹硅油以减小相接时的摩擦力,完成后,调节纠偏千斤顶,使即将顶进的管道插口轴线与已顶管道接口轴线对正,缓缓顶入,直至两个管节端面密贴挤紧衬垫,并检

查接口密封胶圈及衬垫,若发现有损坏、扭转、翻出等现象,应拔出重新顶入,确认完好后安装环形顶铁进行顶进施工。如此循环,直至管道到达接收井。

### 5.2.3 泥浆的选择与压注

顶力控制的关键是最大限度地降低顶进阻力,而降低阻力最有效的方法是注入由膨润土为主要材料的触变泥浆,使之在管道外壁与原状土之间形成完成的环状泥浆润滑套,将干摩擦状态变为液体摩擦状态。触变泥浆由膨润土、纯碱和水组成。为保持顶进过程中泥浆的流动性要求,加入了一定比例的CMC。经室内对比试验得知,该顶管施工的触变泥浆配合比选定为:膨润土:水:纯碱:CMC=1:7:0.04:0.03

从机头处第一节管至管道最后一节管,每隔2m安置一圈压浆管道,每个压浆孔上安装一个球阀,采用橡胶软管与压浆总管相连,压浆总管与压浆泵相连。同时,为确保管道与土体间空隙的密实,控制压浆总量不小于管外空间体积的2倍,为防止泥浆损失,要经常性地进行压浆,以确保泥浆套完整。

### 5.2.4 管道轴线及高程控制

控制顶进方向是确保按设计管道轴线顶进的重中之重。在顶进过程中,要经常对顶进轴线进行测量,施工时采用激光经纬仪、高精度的水准仪配合顶进机监控系统在操作台显示屏上实时监控。

在顶进施工时,由于摩擦力的变化,易引起顶进轴线和设计轴线发生偏差,因此,要坚持“勤测量、勤纠偏”的原则,多进行施工测量监测,发现偏差,及时通知操作人员,调整纠偏千斤顶的伸缩

(上接第119页)

表3 累计节约成本统计表

项目	轨道调整费用	底砟碾压费用	上砟费用
节约成本/万元	16.52	7.23	3.46

注:累计节约费用为 $16.52 + 7.23 + 3.46 = 27.21$ (万元)。

## 6 结语

轨道工程是一项质量要求非常高的工程,有砟轨道静态铺施工质量的好坏,直接影响到后期轨道精调等工序的施工质量。中国水电五局在探索研究施工工艺的过程中,始终坚持高水平、严

量进行纠偏,使偏差值逐渐减小并回至设计轴线位置。纠偏时不能剧烈纠偏,以免对管节和顶进施工造成不良影响。

另外,在工具管内安装坡度板和光靶读取工具管的坡度和转角并进行轴线的跟踪测量,及时发现偏差。

## 6 结语

顶管施工在我国广泛用于城市地下给排水管道、天然气石油管道、通讯电缆等各种管道的非开挖铺设。水利工程由于多数过流面积大而无相应的过流断面管理,应用较少,但在过流断面小的工程项目中可以得到很好的应用。

红岭灌区工程由于建设单位管理及所在地区风俗文化的特殊性,第三方协调工作难度大,征地、拆迁滞后工程推进缓慢,往往造成工期严格滞后,产生了赶工与索赔事项,同时也相应增加了工程项目的管理成本,促使施工企业与建设、设计单位协调,采取有利的措施,降低各种风险,但不一定节省施工成本。通过将暗涵变更为顶管方案,有力地促进了施工进展,降低了协调难度,亦为建设单位确定的通水目标打下了基础,降低了施工企业风险。采用该技术施工,能节约一大笔征地拆迁费用、减少对环境污染和道路的堵塞,具有显著的经济效益和社会效益,值得推广应用。

### 参考文献:

- [1] 武志国,等.顶管技术规程[M].北京:中国建筑工业出版社,2016.

### 作者简介:

张丙(1982-),男,河南南阳人,工程师,学士,从事建设工程施工技术与管理工作;

何静(1984-),女,湖北荆州人,工程师,从事水电工程施工技术与管理工作。  
(责任编辑:李燕辉)

要求、讲科学的态度,实事求是地不断强化施工管理水平,既方便了施工,也保证了工程质量,确保了日后铁路运营的安全。

### 作者简介:

王洪钉(1990-),男,四川广元人,助理工程师,从事铁路工程施工技术与管理工作;

乐闻多(1986-),男,四川成都人,助理工程师,从事铁路工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)