

逆作法施工在盾构竖井施工中的应用

陈宏宇¹, 高颖涛², 史岩¹

(1. 河北石油职业技术学院, 河北 廊坊 065000; 2. 中国石油天然气总公司管道局四公司, 河北 廊坊 065000)

摘要:介绍了仪征—长岭原油管道黄石长江盾构穿越隧道北岸接收竖井工程软土段所采用的逆作法施工技术。

关键词:穿越隧道; 盾构; 竖井; 逆作法

中图分类号: TE973.4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2008)01-0078-03

逆作法施工是指在地下结构施工时, 不架设临时支撑, 而以结构本身既作为挡土墙, 又作为支撑, 从上而下依次开挖和构筑结构体的施工方法, 其施工顺序与顺作法相反。本文结合仪征—长岭原油管道黄石长江盾构穿越隧道北岸接收竖井工程软土段施工, 对逆作法施工技术作进一步的阐述与分析。

1 工程概况及地质条件

仪征—长岭原油管道黄石长江穿越隧道工程是中石化集团公司重点工程, 隧道建成后, 将敷设 $\varnothing 762 \text{ mm} \times 15.9 \text{ mm}$ 热油管道一条, 并行光缆一条

黄石长江穿越隧道工程采用盾构法施工。整个工程主要由南岸始发井、北岸接收井和盾构隧道 3 部分组成。接收井内径 8 m, 井深 59 m, 软土段采用明挖钢筋混凝土衬砌工法。

北岸竖井地貌单元属于长江北岸一级阶地, 垂直于长江方向在竖井中心及两边各 8.0 m 左右位置各布置 1 个钻孔, 孔深 23 ~ 30 m。本场区自上而下分为 6 大层:

①粉土, 0 ~ 3.50 m, 青灰色, 松散, 高压缩性, $f_{0k} = 67 \text{ kPa}$, 含少量地下水, 透水性较好;

②淤泥, 3.50 ~ 6.50 m, 青灰 ~ 灰黑色, 流塑 ~ 软塑状, 有机质丰富, 有异味, $f_{0k} = 67 \text{ kPa}$, 含少量地下水, 透水性一般;

③淤泥质粘土, 6.50 ~ 7.10 m, 青灰色, 可塑状, 含有较多白螺壳, $f_{0k} = 82 \text{ kPa}$, 含少量地下水, 透水性较好;

④粘土, 7.10 ~ 18.50 m, 黄褐色, 可塑状, 局部夹杂粉质粘土及少量岩石碎屑, $f_{0k} = 186 \text{ kPa}$, 含少量地下水, 透水性较好;

⑤粘土, 18.50 ~ 19.70 m, 黄褐 ~ 黑褐色, 硬塑状, 含少量岩石碎块, $f_{0k} = 298 \text{ kPa}$, 含地下水, 透水性较差;

⑥石灰岩, 19.70 ~ 23.00 m (未钻穿), 青灰色, 中 ~ 微风化, 薄 ~ 中厚状构造, $f_{0k} = 1200 \text{ kPa}$, 含少量地下水, 透水性一般。

3 个勘探钻孔实测静水位埋深为 1.10 m。

接收井石灰岩层上部软土段(井深 25 m)主要由粉土、淤泥、淤泥质粘土、粘土等构成。水文地质条件较差, 采用挖土机明挖土、钢筋混凝土衬砌逆作法施工。初期支护采用锚杆挂网喷射混凝土, 喷射厚度 100 mm。二次衬砌采用钢筋混凝土, 井壁厚 700 mm。下部位于石灰岩层, 井深 34 m, 地质条件好, 在进入岩层 2 ~ 3 m 后采用钻爆法施工, 局部岩石破碎、整体性能差的地段, 采用锚杆与喷射混凝土支护, 困难地段可采用挂钢筋网片与锚喷支护相结合的方案。本文仅介绍岩层以上部分施工情况。

接收井上部软土段施工工艺主要为: 粉喷桩地基改良 → 挖掘机挖土 → 整修断面 → 锁口盘构筑 → 挖掘机挖土 → 挂网、打锚杆、喷射混凝土 → 钢筋绑扎、支设模板 → 浇筑钢筋混凝土。

2 施工工艺

2.1 粉喷桩地基改良

接收井地下水位大约在地表下 1.1 m, 上部软土段地层采用粉喷桩加固, 保证地层稳固和封堵地下水。高压粉喷桩止水帷幕能切断地下水渗流, 防止基坑开挖过程中出现涌砂、涌泥现象, 粉喷桩的布设形式如图 1 所示。主要施工工艺包括:

(1) 预搅下沉: 开启机械, 钻进预搅至设计深度;

收稿日期: 2007-06-19

作者简介: 陈宏宇(1971-), 女(汉族), 天津人, 河北石油职业技术学院, 工民建专业, 从事工程施工与检测工作, 河北省廊坊市; 高颖涛(1968-), 男(汉族), 北京人, 管道局四公司中国石油天然气总公司, 工民建专业, 硕士, 从事管道工程施工技术工作, 河北省廊坊市; 史岩(1976-), 男(满族), 河北承德人, 河北石油职业技术学院, 从事工程施工与检测工作。

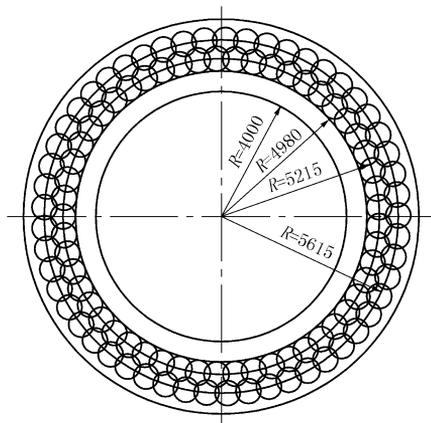


图 1 粉喷桩平面布置图

(2) 喷灰搅拌:边喷灰边旋转搅拌,同时严格按照设计要求的提升速度提升钻头;

(3) 复喷:下钻至设计深度→提升、喷灰→重复上下搅拌;

(4) 重复(1)~(3)。

成桩技术要求:桩径为 600 mm,桩与桩之间搭接 250 mm;灰要均匀,确保水泥用量,桩长误差 > 200 mm;搅拌时间 < 3 min;桩间搭接间歇 > 24 h。

2.2 锁口盘构筑

为了避免逆作法构筑的竖井在下部掏空时井壁塌落及减小井壁不均匀下沉,在竖井顶部构筑阶梯形钢筋混凝土锁口盘。锁口盘以井筒为中心,半径为 7.7 m。锁口盘剖面如图 2 所示。

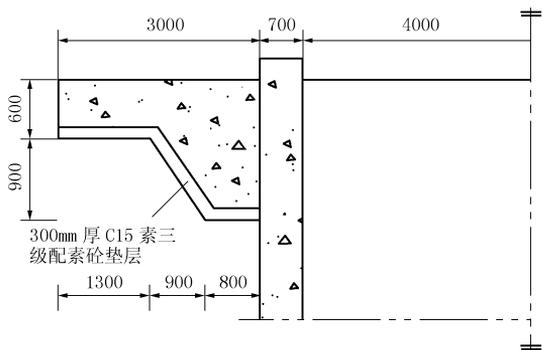


图 2 锁口盘剖面示意图

2.3 挖掘机挖土及出渣

土方挖掘前,首先按照规范要求进行测量放线及必要的场地清理。然后用 5 t 龙门吊车将挖掘机吊入井内挖土并依次装入自制的 2 个 1.5 m³吊桶,由 5 t 龙门吊车提升至设置在地面的土渣集料器,装入自卸汽车运出场外人工修整井壁直至达到设计要求。由于地下水位较高,在井筒内设置集水坑,用泥浆泵及时将地下涌水排出井外。

2.4 锚喷支护

根据井壁外地基土质及含水情况确定每次的适宜开挖深度。当开挖至预计深度且毛断面达设计要求后迅速挂网、打锚杆,进行井壁锚喷初期支护。喷射混凝土按配合比在地面用搅拌机拌好,用 HZ-6 型混凝土喷射机在地表作业,人工抱喷头对周围地基进行喷射。锚喷分 2 次进行,第一次喷射混凝土厚 30 mm,第二次喷射混凝土厚 70 mm,总喷厚 100 mm。锚喷完成并经检查符合支护设计要求后,进行下一循环挖掘作业。锚喷支护如图 3 所示。

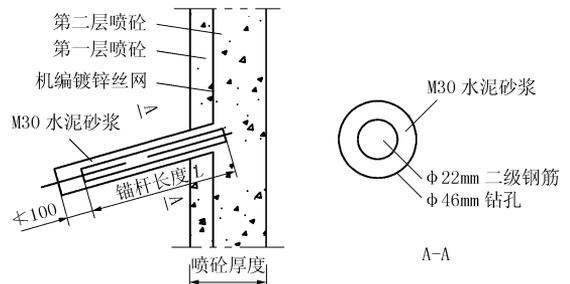


图 3 锚喷支护示意图

2.5 设置竖井井壁排水系统

竖井井壁排水系统主要由软土段粉喷桩地基改良、矩形塑料排水盲沟网、接缝处止水结构、高标号抗渗混凝土和井壁背后注浆等 5 个环节构成。

2.5.1 矩形塑料排水盲沟网

由于地下水位较高,对井壁压力较大,为了防止井壁渗水,设置井壁防排水系统。在初期支护喷射混凝土上设置矩形塑料排水盲沟,竖向矩形塑料排水盲沟沿环向每 45° 设置一根,环向矩形塑料排水盲沟沿竖向每 3 m 设置一根,竖向和环向矩形塑料排水盲沟贯通形成排水系统。如果在井壁周围地基中存在集中渗水点,采用下述方法处理:首先在渗水范围内进行灌浆加固,堵塞渗漏通道,灌浆孔深 < 4 m;其次,在渗水范围内设置排水孔,孔深 2 m 左右;最后将排水孔用竖向矩形塑料排水盲沟引入排水系统(图 4)。排水系统的设置引排了井壁外周地下水,起到了很好的防水效果。塑料排水盲沟固定方式如图 5 所示,竖井井壁排水布置展示及竖向和环向矩形塑料排水盲沟结合情况如图 6 所示。

2.5.2 接缝处止水结构

根据实际井壁外周地质条件,完成初期锚喷支护一定高度并设置塑料盲沟排水系统后,由下向上浇筑钢筋混凝土。考虑到钢筋混凝土竖向接缝处是薄弱环节,容易产生渗水,因此在混凝土分封处设置环间止水,结构见图 7。排水系统、环间止水系统、高标号抗渗混凝土的采用起到了非常好的防排水效果。

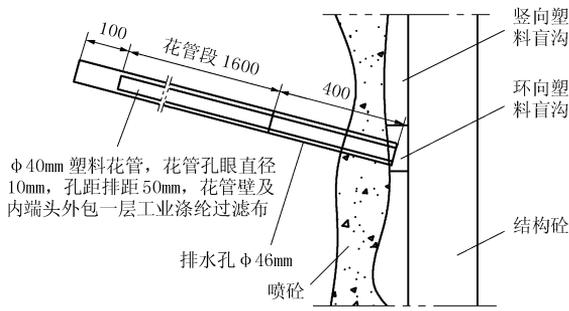


图 4 排水孔结构示意图

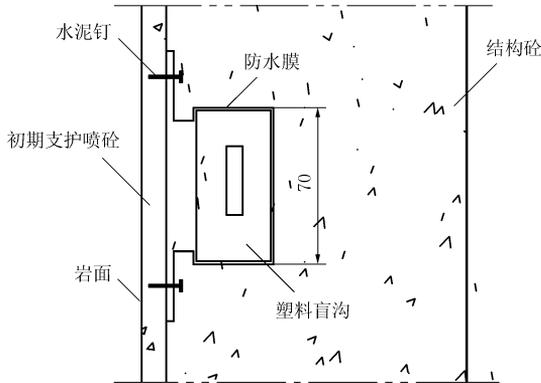


图 5 塑料盲沟固定方式

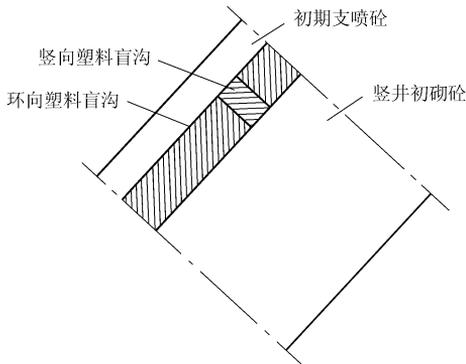


图 6 竖井井壁排水布置展示图

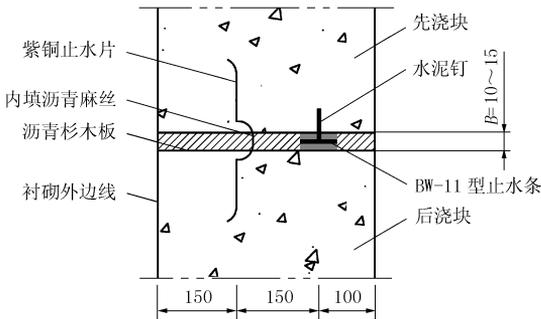


图 7 混凝土分封处设置环间止水构造

在内模尚未安装时绑扎或焊接,模板、钢筋、预埋件安设好后,复核其尺寸、位置、标高、井壁垂直程度无误并经监理批准后,进行混凝土浇筑施工。

采用混凝土自动配料器配料,强制式搅拌机现场拌制,由混凝土泵车将拌和好的混凝土泵送至井下,混凝土对称、均匀按顺序、分层连续灌注。设置专人持振捣棒振捣,同时观测模板是否变形。对于钢筋较密部位要适当延长振捣时间,保证振捣质量,振捣混凝土时,振捣器禁止接触模板,混凝土浇筑层厚不得超过规范规定。一层模板浇筑完成后,进行下一节模板高度的钢筋绑扎、支模、浇注,依次循环,直至上段浇注混凝土底部。为了保障上下段混凝土的很好连接,增加混凝土密实度,防止渗水,浇筑下段混凝土前对上段混凝土底部必须进行凿毛及清扫处理。

混凝土灌注完后,即进行现场养护,达到设计强度等级 70% 以上开始拆模。拆模后井壁如有蜂窝麻面等细小缺陷,及时用水泥砂浆修补平整。

在逆作法施工当中,接头的施工质量尤为重要,在本工程中我们采用漏斗浇注法。即在后浇的模板上部设置高 20 cm 左右的漏斗型浇注口(垂直倾角为 30°),当混凝土浇注至此高度时,依靠浇注压力和振捣器将混凝土缝隙填充密实。这时,调整混凝土配合比,将塌落度调整为 140 ~ 180 mm,待漏斗部分的混凝土硬化后,将表面修凿平整。为防止接口处渗漏,在施工中采取了以下措施:

- (1) 当浇捣结束后,用手锤敲打漏斗口,通过振动将气泡和析水排放至漏斗口外。
- (2) 在接口处的井壁当中焊接一道 3 cm 长的止水铁片。
- (3) 局部接缝处如出现渗漏情况,采用压注聚氨酯进行处理。

3 结语

仪征—长岭原油管道盾构法穿越长江黄石段隧道北岸接收竖井工程软土段采用逆作法施工技术,从实际施工效果来看,效果是明显的。首先是避免了大开挖,大幅减少了土方工作量,从经济上具有较高的实用价值;其次对周围构筑物的影响是非常小的,在施工中,对竖井周边民居布设了沉降观测点,派专职人员进行监测,直至施工结束 3 个月后,一直进行跟踪复测,其沉降量都很小,有效地保证了井位周边民居的结构安全。

2.6 构筑竖井井壁钢筋混凝土

井壁为钢筋混凝土结构,采用特制钢模板浇注井壁混凝土。每节模板弧长 1.55 m,高 1.8 m,模板外直径 8 m。采用卡子固定。模板沿竖直方向安装,模板要求相接牢固,拼接顺滑,严禁漏浆。钢筋