

富水软性地层大直径泥水平衡盾构水下接收技术

丁振铎

中建八局第二建设有限公司

DOI:10.32629/bd.v3i5.2334

[摘要] 接收施工在泥水平衡盾构施工中占有相当重要的作用,特别事在富水软土地层等恶劣地址条件下如何保证盾构以正确的姿态顺利出洞并防止出现坍塌等事故是施工的重点。本文以南京过江隧道左线盾构水下接收为例,对富水软土地层泥水平衡水下接收提出了具体的方案和措施,对类似工程施工具有一定的借鉴意义。

[关键词] 大直径泥水平衡盾构; 富水软性地层; 水下接收

1 接收概述

盾构接收是盾构施工安全控制的重、难点,特别是泥水盾构施工。采用泥水盾构正是因为地质条件很差,开挖面土体常为松软的含水地层,盾构在接收过程中,极易出现安全事故。国内通常采用加固洞门前方土体,盾构停止泥水循环,直接步入接收洞门的方案。采取这种接收方案,加固体一面临空,一面有泥水加压,施工中极易发生坍塌等恶性事故,特别是大直径泥水盾构,这种风险更是成倍增加。

南京长江隧道盾构接收过程中,为规避施工风险,采取水下接收方案。即在盾构井与后续段间施工隔离墙,再接收井形成封闭空间;接收过程中在接收井内加灌泥水;盾构在维持泥水平衡、保证环流系统正常运转的前提下步入接收井,完成接收。水下接收方案在左右线接收过程中均取得了良好的效果。现将水下接收的施工技术方案及操作中控制重点进行下述介绍。

2 工程概况

2.1 工程概况

南京长江隧道工程左线盾构隧道采用双管单层的结构形式,左线隧道自浦口工作井始发,在梅子洲工作井进洞接收。盾构隧道采用德国海瑞克公司生产的 $\Phi 14.93\text{m}$ 的泥水混合式盾构机,盾构管片环外径 14.5m ,内径 13.3m ,壁厚 0.6m ,环宽 2m ,混凝土强度等级C60,抗渗等级S12。左线接收段共计 150m ,含75环正线隧道管片及末环管片,末环管片为适应盾构进洞的需要,管片外圈全周预埋钢板。

2.2 水文地质

盾构接收段位于梅子洲大堤内,为长江冲积。地表基本为农田,隧道范围内无建筑物存在。土体根据沉积时代、成因、状态及其特征,划分为4个工程地质层,各岩土层的岩性如下:②-3 粉质粘土层:灰色,可塑~软塑,局部地段为粉质粘土、粉土夹砂粒,主要由粉质粘土组成,层厚 0.50m 。④ 淤泥质粉质粘土:灰色,流塑,局部呈千层饼状,层厚 2.50m 。④-2 粉土夹粉质粘土:灰色,湿~很湿,夹粉质粘土薄层,具水平层理,局部夹粉砂,层厚 3.80m 。⑦-1 粉细砂:灰色,饱和,具微层理,含云母碎片,局部夹粉土薄层,层厚 10.10m 。⑧ 粉细砂:青灰色,饱和,含云母碎片,层厚 17.40m 。

场区内地下水含量极为丰富,地下水位埋深在 $0.3\sim$

3.0m ,地下水受长江冲刷切割影响,两者互为连通,纵向上看含水层微向江面倾伏。

3 方案选型及概述

泥水盾构掘进过程中,前端开挖舱内充满膨润土悬浊液,刀盘在悬浊液中完成对土体的切削,同时膨润土悬浊液对掌子面形成持续的加压支撑。在盾构逐渐接近接收竖井过程中,加固土体渐薄,存在膨润土悬浊液冲垮加固土体窜入竖井内,引发安全事故的风险。特别是在富水软土地层,泥水窜入竖井内,盾构上方土体失去支撑,容易引发土体坍塌等毁灭性事故。为最大限度上规避风险,使得整个接收流程处于可控状态,采取水下接收方案。

水下接收的基本流程如图1所示。在剩余端头加固土体达到一定厚度(不小于 2m)时,破除接收端头范围内地下连续墙,在接收竖井内填筑粘土至盾构轴线位置,在井内灌入高质量膨润土泥浆至一定高度保持内外水压平衡。盾构在保持环流系统正常运转,泥水平衡不被破坏的前提下,逐步步入接收竖井。盾构完全进入竖井后,利用环流系统抽排接收井内泥水,同时在管片与预埋环间间隙焊接封堵钢板。接收井内泥水清理完毕后,将盾构继续前推,待最后一环管片推出盾尾后,即可施做永久洞门结构,同时拆解盾构机。

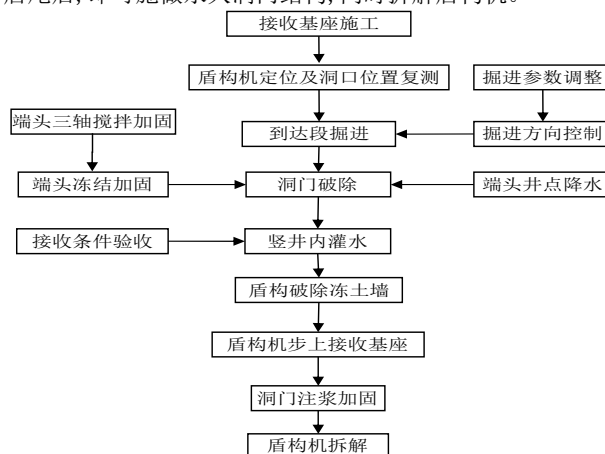


图1 水下接收流程图

水下接收实际上就是在接收井内部模拟出一个类似正常掘进状态的环境;接收井内水土压力与盾构泥水舱内水土压力维持平衡,与接收端地层水土压力大致相当。盾构保持

这种平衡完成破壁及在竖井内的推进,避免了接收端头地层大面积暴露的情况,从而规避了掌子面坍塌等施工风险。

4 具体实施方案

4.1 接收基座

由于方案采取水下湿接收,接收基座采用水泥砂浆结构。接收基座长宽与竖井尺寸相同,根据不同阶段施工要求,在竖井内采用两种断面形式:在距离大里程端 13.5m 范围内基座为全断面矩形结构,为保证接收阶段管片拼装有足够的反力支持,盾构底端向上 3m 范围内全部由 M10 水泥砂浆砌筑;在距离小里程端 4.5m 范围内基座为弧形结构,即盾构开挖轨迹线范围内基座采用黄砂塞填。

灌水接收前,为确保内外压力平衡,需要在竖井内回填部分原状土砂。要求回填至盾构轴线位置,并初步碾压密实。

4.2 洞门端头冷冻加固

洞门前方采用了三轴搅拌桩对土体进行了加固和改良,为了洞门破除及盾构施工安全,保证加固土体可靠地封水,设计同时采用对洞门进行冷冻法加固施工。

4.2.1 三轴搅拌加固

根据设计要求,对洞门前方土体采用三轴搅拌桩加固。加固区采用 $\Phi 850\text{mm}$ 三轴搅拌桩间隔 600mm 插打,加固区全长共 15m。接近洞门 10m 长度内采用全断面加固,加固断面宽 42.7~43.4m,高度为 21.1m,盾构轴线两侧各 5.2m 宽度范围内加固深度为 23m;前端 5m 范围内采用底盘加固,即盾构轴线两侧各 5.2m 宽度范围内打设三轴搅拌桩,加固深度为盾构底部以下 5m。

4.2.2 冷冻加固

鉴于大型泥水平衡盾构接收对加固体强度及密封性要求很高,为增加泥水平衡盾构收尾工作的可靠性,拟采用整体板块全深冻结方案:在旋喷加固体和连续墙结合处,即在地下连续墙外围 0.4~1.2 米布置二排冻结孔,并通过人工制冷工艺形成一个冻土壁,将三轴搅拌加固土体和地下连续墙胶结,以隔绝地下水,在冻土壁(封水)与三轴搅拌加固区(抗地压)的联合支护下凿除洞门。为保证加固效果,冻结区域不应穿透加固深度。

4.3 贯通测量

隧道内水准测量采用国家二等精密几何水准控制网,导线测量采用国家三级水准网。隧道内水准及导线控制网均由浦口始发竖井引入隧道,控制点均设置在始发端场地内;而接收端隧道洞门所处测量网控制点设置在梅子洲接收端场地内,为保证接收的精度,在隧道贯通前 50m~80m 必须进行贯通测量,确认测量成果正确或是采用新成果,保障贯通精度。

贯通测量工作包括地面控制网联测(平面和高程)及接收井洞门测定(平面与高程)等测量工作。

4.4 接收段盾构掘进

泥水压力计算地下水位取 5m,在进入到达段降水影响范围后,以实测地下水位进行调整。泥水压力要求严格按掘进参数进行控制,偏差幅度在 $\pm 0.1\text{bar}$ 之间。掘进速度和刀盘转速根据地质条件及目前施工经验设定盾构机刀盘破开冷

冻墙进入工作井后,应继续向前推进,推进过程中使泥水循环进排泥泵流量保持一致,同步注浆应均匀充盈,进行管片拼装时油缸伸缩顶推加力应缓慢进行,避免拼装时盾构前移或千斤顶松动,确保管片环环之间密封良好,无渗漏水发生。

4.5 竖井内堆填粘土和灌水

为了盾构接收时地层稳固,降低大直径盾构与洞门圈间隙涌水、涌砂及地表沉降风险,设计在洞门混凝土破除完成后,向竖井内回填粘土,使盾构机在通过洞门圈后下部有土体支撑。根据盾构接近东门阶段的推进压力,回填粘土至盾构机轴线位置,并进行初步压实。为了确保接收时内外压力平衡,回填粘土后向工作井内灌入膨润土浆液。在盾构进入工作井向前推进过程中可以继续进行泥水循环及同步注浆,确保近洞门段管片环能够注浆密实,控制管片变形及沉降。

4.6 洞门注浆加固

在盾构机完全进入接收井后,应对洞门圈与管片之间间隙隙浇筑混凝土,将暴露土体完全隔离,以确保工程安全。然后通过预埋钢环上注浆孔对末环管片进行注浆加固。注浆的过程中要密切关注洞门的情况,一旦发现有漏浆的现象应立即停止注浆并进行封堵处理。确保洞口注浆密实,洞门圈封堵严密。通过二次注浆孔对靠近洞门的 10 环管片进行注浆填充。待注浆凝固后,根据设计要求施做洞门结构。

5 接收施工主要技术风险及控制措施

5.1 端头冷冻法施工

本工程在旋喷加固土体和端头连续墙之间加设一道冷冻墙,使旋喷土体与冻结壁共同抵抗水土压力并可靠封水,增强端头加固土体的稳定性,确保洞门破除和盾构接收的安全。冷冻法施工进度滞后将直接导致洞门破除和盾构接收后延。而冷冻质量发生问题则可能带来端头土体失稳、涌水涌砂、地层塌陷等一系列恶劣后果,冷冻法端头加固是接收安全控制的重点。施工过程中,采用两套独立的制冷系统,并配备应急发电机;一旦一套出现故障,另一套能够迅速投入使用。同时,加强冻结效果检查措施,在距离洞门外侧 50cm 圆周上打设不少于 20 个水平测温孔,确保冻结土体达到设计要求的效果。

6 结束语

南京长江隧道左线盾构隧道于 2009 年 5 月 28 日完成接收段施工。采用水下接收方案,通过认真的方案论证及细致的施工控制,接收过程中没有出现大的安全质量问题。在盾构轴线控制、安全控制及进度控制方面取得了一定的经验成果,为后续右线隧道的顺利接收奠定了基础,也对类似富水软土地层下的泥水盾构接收有着一定的借鉴意义。

【参考文献】

- [1]高琨.富水砂卵石地层盾构施工沉降控制措施[J].现代城市轨道交通,2014,(02):46-48.
- [2]周阳宗,智效龙,刘进志,等.复合地层下盾构换刀技术研究[J].施工技术,2014,43(1):381-384.
- [3]郭信君.南京长江隧道盾构选型探讨[J].现代交通技术,2008,5(4):46-50.