

泥炭质土层条件下的地铁盾构隧道施工技术

张亮

(中铁十二局集团第二工程有限公司 山西 太原 030000)

[摘要]地铁工程建设已然成为缓解城市交通拥堵、提升市民出行便利性的重要举措,而当前地铁盾构施工中不可避免的遇到泥炭质土层。为避免泥炭质土层对地铁施工安全与进度的把控产生影响,需通过对盾构施工技术的合理把控来促进地铁施工项目的顺利进行。本文实际工程案例的分析,阐明泥炭质土层条件下地铁盾构隧道施工技术的具体应用。

[关键词]泥炭质土层;盾构;端头加固;管片防渗

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.10.2039

随着城市交通出行需求的持续增高,地铁项目建设已然成为城市可持续发展中的基础所在。而纵观现阶段地铁盾构施工开展,其中泥炭质土层的存在因沼气含量大、稳定性较差而影响到项目施工安全。为保证地铁盾构施工不受泥炭质土层的影响,需在全面掌握工程建设实际情况的前提下,通过对施工技术的合理应用来提升地铁盾构施工水平。

一、工程概况

本文以某地铁盾构工程为例,该工程自金海新区站进入福保站时涉及到对正大河、大清河等的下穿,结合现场实际情况的分析,确定工程隧道顶部埋深、线间距分别控制在11~28.3m、14~14.58m范围内。施工阶段涉及到对湖沼相沉积地层的穿越,地层主要分布包括黏质粉土层、黏土层以及泥炭质土层,区间最大坡度与最小转弯半径分别控制在23%、600m左右。施工期间不受周围场地地形的影响,现场主要地下水分类包括承压水、孔隙水与上层滞水。

二、泥炭质土层条件下地铁盾构隧道施工技术

(一)前期准备

1.现场准备

不同于其它项目施工而言,地铁盾构施工存在诸多安全隐患,尤其是泥炭质土层下施工,诸多风险隐患的存在使得工程前期准备工作开展显得至关重要。需于施工前结合对现场实际情况的分析,依托于紧急预案的编制来保障盾构施工的顺利进行。同时,要求相关人员在准备阶段做到对程序、环节的科学落实,并结合以下几点实施来促进后续作业的安全开展^[1]。

2.环境调研与分析

要想相关人员依据施工图纸的测量放样,制定契合实际施工需求的线路走向,并通过对周边环境报告的编制来加强现场安全控制^[2]。例如在开展环湖东路下穿作业时,该工程强调对路基CFG桩的补勘与报审,组织人员在施工前开展报告编制与图纸会审工作,在此基础上预测后续盾构施工可能存在的隐患与风险,并明确风险源包括公路隧道、4河道下穿、城市主干道、CFD桩等。

3.盾构选型与准备

该工程盾构机选择参考地质详勘报告、切剖面稳定效果、地层沉降控制要求、排泥方式、周边环境调查报告、掘进深度等方面。并于施工前联动三方检测单位进行洞门圈、始发主体、地面控制点等位置的测量。并强调在施工阶段做到对隧道轴线偏差、管片错台量、管片破损以及管片渗漏等问题的定期测量与分析,严格依照相关标准要求开展隧道验收工作^[3]。

(二)端头加固与始发控制

为保证盾构施工能够在泥炭质土层条件下顺利进行,该工程视情况借助旋喷桩联合垂直/水平注浆、三轴搅拌桩等

措施来提升端头加固效果。同时利用旋喷桩与搅拌桩进行隧道主体外扩的加固,并视情况将外扩加固范围控制在3m作业后,养护时间控制在90d以上,采用取芯试验方法判断其固结效果是否达到标准。端头加固时采用的WSS双液注浆,需依照设计标准将水:水泥、水泥浆:水玻璃的比例分别控制在1.3:1,1:1。注浆期间要求人员依照先垂直、后水平的顺序进行两边与中间位置的注浆处理。其中水平注浆作业开展需依照设计标准将环向间距控制在2m左右,而垂直注浆则需将间距控制在1.5m左右。直至洞门开口位置不存在水流溢出情况方可停止注浆作业^[4]。

结合对现场情况的分析,要求人员将双层止浆板在破除前安设于洞门钢环内位置,同时将海绵密封设置于止浆板之间,为避免出现涌水、涌砂现象,则需在施工前进行防护装置的增设。始发作业时经过托架后盾体前部存在无支撑的现象,为避免在作业期间受到自重的影响出现栽头现象,要求人员结合实际情况合理将始发托架与外导轨在钢环外部位置进行连接,以避免盾构机在进入钢环后出现栽头问题。

(三)浆液参数与优化技术

盾构机能否保持稳定、可靠的运行状态,受到土层地层因素的直接影 响。而因该路段施工涉及到软土地层,为避免出现螺旋机喷涌现象,需在施工期间做到对土仓汇水情况的有效杜绝。而在实际施工过程中,为避免出现地表、建筑物等沉降现象,需尽可能保证盾构作业不会造成地层损失、地下水渗透、隧道周围剪切破坏等问题^[5]。作业时若经过风险源,或者是挺进至进出洞阶段,需采用双液注浆的形式在管片背后进行二次注浆处理,通过隔水环的制作来消除管片背后存在水流动的现象。同时,为实现对沉降问题的有效抑制,需在盾尾衬砌管片快速脱出的前提下,视情况将适量浆液同步注入到管片背后,通过对盾尾环形建筑孔隙的规避来达到保障施工安全的目的。

结合对该工程建设要求的分析,分别采用水泥、含水泥厚浆、不含水泥厚浆作为同步注浆材料。当盾构机运行至进出洞口阶段时,需保证水泥浆液的及时注浆,以期通过提升凝固效率来降低洞门出水问题的发生概率。针对正常掘进段而言,则可以厚浆作为注浆作业的主要材料,并通过快速填充来达到沉降抑制的目的。同时,要求相关人员做到在掘进期间重视对管片姿态测量作业的及时开展,在此基础上通过对厚浆配合比的合理调整,以期在缩短凝固时间的同时来控制管片上浮。并视情况对管片12点位进行双注浆处理,以此实现对管片有效加固^[6]。

此外,需在同步注浆处理时注意以下问题:(1)务必保证对注浆量的严格控制,且保证注浆与测量作业的同步进行,以40cm为间隔进行液位的测量,判断实际注浆情况是否满足设计标准。(2)若注浆期间出现盾尾漏浆现象,要求施

工人员结合实际情况进行漏浆量预估,并通过及时补足来促进注浆作业的顺利进行。(3)为避免地表沉降现象发生,并将成型管片的质量控制在预期范围内,要求人员在作业期间依据实际情况进行支路注浆比例的合理调整。

(四)管片防渗技术

为避免因管片渗漏现象出现影响到盾构隧道施工质量,需结合管片自防水辅以接缝防水的形式来提升管片防渗效果^[7]。相较于其他地质地形而言,泥炭质土层存在水位高、含水量大等特点,较大的地下水压力使得盾构施工难度增大,并在施工阶段极易导致管片裂缝、橡胶密封翘曲、橡胶密封黏性下降、相邻间封条未紧贴等问题,进而影响到地铁项目的整体施工质量。为实现对管片防渗效果的有效把控,该工程将遇水膨胀橡胶圈安设于右线前100环的位置,以确保在掘进作业时做到对渗水问题的有效抑制。同时,要求人员加强对环纵缝防水的保护,按要求将黄油涂抹于临接块与封顶块两侧密封垫上,以此作为润滑剂来消除封顶块插入时产生的阻力。待管片拼装作业结束后,要求相关人员第一时间进行螺栓紧固检查与复紧处理,在促进管片防水效果提升的同时,有效抑制地铁整体结构出现漏水现象的概率。需注意,管片螺栓复紧处理需分别于不同掘进阶段开展,具体包括拼装阶段、推进阶段、拖出盾尾阶段、管片出台车阶段,并按照要求将复紧扭矩控制在 $<145\text{N}\cdot\text{m}$ 范围内^[8]。

(五)渣土改良

渣土改良是指对刀盘面、螺旋输送机、土仓中利用盾构机专用装置进行添加剂的注入,以确保土渣与添加剂通过螺旋输送机、土仓装置以及刀盘旋转来实现充分搅拌混合,保证切削下的渣土能够符合低透水性、流塑性强、粘稠度合适、摩阻力较低等要求,实现以理想工况的创造来促进盾构施工的顺利进行。针对添加剂的应用,主要材料包括膨润土与泡沫剂,作业期间需结合实际情况的分析,将泡沫剂作为渣土改良的主要材料,并辅以膨润土来达到有效改良的目的。

泡沫溶液的配置需按照添加剂:水(5%:95%)的标准进行,并利用5%~10%泡沫溶液与90%~95%压缩空气混合成泡沫。作业期间以盾构机泡沫系统为渠道将泡沫注入其中,并结合实际情况来确定用量值,以挖方量为参考,将注入量控制在 $300\sim 600\text{L}/\text{m}^3$ 。需注意,在掘进作业期间应尽可能保证做到对异常情况的及时上报,禁止在无泡沫时继续掘进作业。针对膨润土的应用,则需将使用量控制在 $8\text{包}/\text{m}^3$,质量比控制在水:膨润土(1000:400),膨润土密度控制在 $1.1\sim 1.3\text{g}/\text{ml}$ 范围内,黏度则控制在 $60\sim 80\text{s}$ 范围内。待配置完成后,需在搅拌箱内膨化超过 12h ^[9]。

(六)姿态控制

盾构机姿态控制是否合理与进出洞阶段施工质量之间存在密切关联,为此该工程借助自动导向系统来实现对盾构机实际位置、轴线偏差、趋势等情况的全天候、全过程显示。为保证盾构推进后视基准点能够符合预期精度要求,需在作业阶段借助人工测量的方式来控制精度。同时,以2周为周期进行成型隧道的人工测量,避免因精度控制不到位而影响到推进方向的精度控制,并将人工测量结果与自动导向系统进行对比分析。另外,需要相关人员做到对盾构机位置、姿态等的定期复核,以避免因姿态控制不合理导致盾构机掘进方向出现偏差。

在实际掘进作业期间,受到坡度变化、软硬不均、隧道曲线等方面的影响,使得隧道轴线极易出现偏差,甚至因偏

差的持续增大导致管片出现局部形变现象,并增大出现地表沉降现象的发生概率。对此,该工程结合实际情况的分析,积极借助科学对策来加强对盾构机掘进方向的控制,通过偏差及时纠正来保证盾构施工的高质量开展^[10]。在实际作业过程中,要求相关人员视情况进行分段轴线控制方案的科学制定,对盾构机掘进路线进行预先分析模拟,在此基础上判断其线路夹角与盾体方向的确定是否符合实际需求,并做到对油缸采用分区操作的形式进行灵活控制。如上坡作业时视情况进行下部油缸推力的加大,下坡作业时则适当进行上部油缸推力的增大,在左右转弯作业时,则需分别进行右侧、左侧油缸推力的适当增大。若作业阶段盾构机遇到变坡段与急弯,可在全面掌握掘进实际情况的前提下,通过适当超控来达到纠偏的目的,以确保盾构机掘进曲线符合预期要求。针对均匀地质与直线平坡段的施工作业,需结合掘进情况以统一的状态进行设备油缸推力的整体性控制。需注意,当盾构机掘进至泥炭质土层时,应保持盾尾低、盾首高的态势,以避免在掘进作业期间出现栽头问题,并实现将盾构机作业施工控制在稳定、可靠的状态,促进盾尾管片上浮控制效果的提升。若掘进至软硬不均地层,则需视情况减小软地层一侧油缸推力,增大硬地层一侧油缸推力。另外,盾构机的使用需具备自动报警功能,即掘进期间若掘进方向偏差超过 3° ,此时设备自动报警,操作人员需结合实际情况通过刀盘旋转方向的切换来达到纠偏的目的。

结束语

综上所述,现阶段我国地铁工程项目建设中盾构法的应用较为普遍,但是在泥炭质土层特殊性的影响下,使得盾构隧道施工难度增大。为避免因盾构施工风险的大量存在而影响到地铁项目的整体建设效果,需在全面掌握项目地质条件的前提下,通过对施工技术的合理把控来提升盾构隧道施工质量,有效规避在作业期间出现破损与错台等问题,确保地铁项目施工质量控制符合预期要求。

参考文献

- [1]白永彬.泥炭质土层地质条件下的地铁盾构隧道施工技术[J].工程机械与维修,2021(4):2.
- [2]吴龙,阮永芬,李飞鹏,等.泥炭质土层中地铁盾构隧道施工关键控制措施[J].施工技术,2019(17):5.
- [3]蒙国往,周佳媚,高波,等.地铁盾构掘进引起的软弱地层沉降分析[J].现代隧道技术,2017,54(6):9.
- [4]胡瑞青,王士民.泥炭质土不同赋存条件对盾构隧道衬砌结构动力响应特性影响分析[J].铁道标准设计,2017,61(8):6.
- [5]孟祥连,赵晓彦,范智浩,等.昆明泥炭质土地铁盾构等代层压缩模量试验研究[J].工程地质学报,2017,25(6):7.
- [6]张晓悦,张晓乐,ZHANG,等.软土地质条件下盾构隧道施工的变形规律研究[J].施工技术,2017(S1):4.
- [7]曹慧,许利东,涂伟,等.深厚泥炭质土层中的三轴水泥土搅拌桩施工研究[J].建筑施工,2018,40(11):4.
- [8]王志良,瞿嘉安,申林方,等.泥炭质土层盾构施工扰动引起隧道长期沉降的研究[J].岩土工程学报,2017,39(8):9.
- [9]邓如勇.盾构隧道穿越泥炭质地层洞内注浆参数敏感性分析[J].现代隧道技术,2020,57(S01):6.
- [10]许有俊,葛绍英,孙凤.盾构隧道下穿地铁车站结构沉降特性研究[J].施工技术,2018,47(7):7.