

超大直径盾构隧道施工要点分析

周正晟

摘要: 随着施工技术快速发展, 超大直径盾构隧道施工具有多种优势, 包括较高的空间利用等, 进而在交通行业得到广泛应用。文章以南汇支线NHSG-1标工程为中心, 采用多种形式进行隧道掘进, 具有较大的施工难点。通过概述工程总体情况, 进而对施工过程中各要点进行分析, 包括监测、调控等, 再考虑施工技术适应性等问题, 制定技术优化策略, 从而为盾构隧道建设发展提供指导, 有助于提高施工安全性及整体效率, 希望对类似工程建设起到借鉴意义。

关键词: 超大直径; 施工要点; 技术优化

当前我国城镇化速度加快, 交通网络结构日趋健全, 超大直径盾构隧道的大量施工, 可为缓解交通节点连接奠定基础。该类隧洞实际施工中存在多种挑战, 包括风险大等, 并且施工质量和效率关系到工程顺利实施和安全运行。南汇支线NHSG-1工程, 主要覆盖T3候机楼到下盐路站区间, 是地区具有代表性的超大直径隧道, 采用盾构法等多项技术, 在多个施工方面具有较强的技术储备。文章以此工程为例, 对隧道施工要点进行分析, 探讨技术优化方法, 以期能为施工顺利进行提供基础。

一、工程概况

本标段施工范围为南汇支线(两港市域铁路)1标。工程范围为T3航站楼站~下盐路站区间, 自T3航站楼站至下盐路站依次为盾构隧道区间、明挖隧道区间、明挖敞口区间地面及高架区间, 隧道总长度达到1.025 km, 是该地区轨道交通系统的关键节点。项目拟以直径14.07米的盾构机, 而隧道内径达到12.5米, 最小曲线半径达到3100米, 通过对施工过程分析, 所需技术难度相对较大。

施工期间必须遵守相关行业规定, 涉及GB/T50299-2018《地下铁道工程施工及验收规范》等, 从而实现整个项目的标准化建设。该项目地处复杂的地质和周围的环境, 需要经过大量的已有建筑物和地下管道, 进而对测量以及周围环境污染防治等方面都提出更高的要求。为保证项目的成功实施, 必须对各个关键环节进行严密地控制, 采用现代施工技术, 进而克服各种施工难点,

作者简介: 周正晟(1991.08——), 男, 汉族, 大学本科学历, 工程师, 主要从事地下土建及隧道相关施工方面的研究工作。

以此确保准确贯通, 达到施工要求。

二、超大直径盾构隧道施工要点

(一) 隧道测量控制要点

为了保证隧道的精确贯通, 进而开展多维度的勘测, 覆盖地面以及内部平台区域。施工期间可以采用高精度全站仪(如图1), 其角度控制在 $0.5''$, 保持 $1+1+1$ ppm·D的测量距离, 从而保证测量参考的精度。根据首级高程控制点, 对远距离控制测量进行严格的放样, 从而构成完整的工程高程控制体系^[1]。

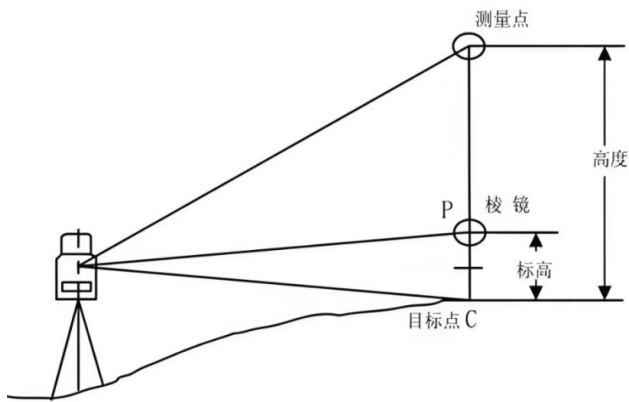


图1 高精度全站仪工作原理图

项目拟以改良的深度几何定位方法为基础, 利用2套LeicaTCA2003型全站仪, 通过在导线上粘贴反光板实现测距, 9次测点的倾角观测, 同时对9个测点进行地表和地表同时观察, 并将2套测点数据传输到固定起点, 并且侧长大于400米。通过对传递三角形进行全面设计, 不断改进支架结构, 确保重锤的中心位置不变, 从而提高测试的准确性, 并完成两点以上的连续观测(如表1)。

表1 专项测量措施分析

工程特征	测量控制措施	技术参数要求
盾构机直径 14.07m	先进导向系统 人工复核 管片姿态及盾尾间隙自动测量 监测盾尾整圆度变形	导向系统数据更新频率≥1次/30min 人工复核误差≤±2mm
平面曲线 R3100m 高程坡度 2% 隧道内径 12.5m	布设井下双导线 延长导线边长	导线边长≥300m 测角中误差≤±1.0" 测距相对中误差≤1/200000
隧道内蒸汽 烟尘 废气聚集	加强排风 凌晨交接班时段观测 自动观测仪器	观测环境能见度≥50m 温度变化≤5℃/h

接点测绘结束后，进行地面平面测绘，并以连通测绘结果作为基准，同时控制和工程测量交叉实施。在盾构掘进之前，需要精确地测量切口等多个位置，并对其与隧道洞口之间的缝隙进行实时监控；开挖后进行工程导线布置，在围岩的一面布置好，进行实时的坐标测量^[2]。为了保证贯通的准确性，施工过程中，采取双重的布置方式，并在原有的基础上增设高精度的陀螺经纬仪进行定向修正。

(二) 施工监测实施要点

工程监控是保证施工安全的关键，需要覆盖地表以及附近建筑结构等多种观测目标，实现对整个工程的变形和安全状况的准确把握。为保证监测结果的真实性和精度，应严格按照GB(T) 12897—2006《国家一、二等水准测量规范》等标准进行检测。

监测以水平水准仪等多种仪器为基础，按5圈布设1个监测点。在建筑工程受影响范围内，周围建筑结构进行监测期间，应在建筑的四个角落和外墙上每10-15米等位置布置至少3个监测点，还可以在基础分界处等多个位置增加测量点。针对建筑物角点位置，或是易出现变形缝两侧，可以分别布置有承重柱或墙体的斜测点，其顶面和底面在同一条垂线上；在裂隙监测中选取有代表性的裂隙，每个裂隙中都要布置2套覆盖裂隙最大和端部的测量点^[3]。

埋地管道监测点设置在节点和变形灵敏的位置，在管道的扩展方向上按5-20 m布置1个测量点，最大影响区域为5-10米，重要区域为10-15米，正常区域为15-20米。所有的监测项目都有清晰的控制量和警报数值，详见表2：

(三) 盾构姿态调控要点

盾构机位姿的精确控制关系到管片成形的质量和施

表2 不同项目的监测值

监测项目	控制值	预警值判定标准
地表下沉	30mm	控制值变化速率异常
地表隆起	10mm	同上
管片拱顶下沉	20mm	同上
管片收敛位移	0.3% D (D为隧道直径)	同上
管片水平位移	10mm	同上
管片差异沉降	0.04% Li (Li为监测点间距)	同上
刚性压力管道变形	10mm	同上
刚性非压力管道变形	20mm	同上
柔性管道变形	20mm	同上

工的安全性，需要将其与自动化引导相融合，以达到精确的精确调节。项目拟利用激光技术，可以建立新型的盾构自主导航技术，利用全站仪采集盾构机的水平角等多种数据，并将其上传到电脑中进行比对，从而实现对盾构掘进过程中的各种位姿信息的实时显示，从而为后续的施工调试工作奠定基础^[4]。该技术具有快速响应和精确数据等优点，可对盾构机的运行情况进行实时追踪，针对姿态误差可以进行实时反馈。

采用手工测斜的方法，即在盾构机的内侧，顺着中线设置3个小型的棱柱，在左侧和右侧分别设置1个斜盘，分别测定盾构机的角度及倾斜角。基于现场观测资料，采用专门的盾构施工程序，通过开挖断面及盾尾的空间位置，与中线设计进行比较，精确判定施工过程中的位姿误差。为保证姿态监测的可靠度，需要周期性地手工观测，并与自主导航系统进行比对，以保证观测结果的可信度，并克服单个技术带来的误差。

掘进施工中，需要依据实测数据对掘进参数进行实

时修正。根据施工技术要求,着重对掘进速度等多项工艺进行控制。为了防止由于转速的突然变化而引起的姿态起伏,需要在每分钟20-30毫米左右;要根据隧洞的曲率半径和地层情况,对左右两个推进缸的工作压力进行相应的调节,保证盾构在设计轴线上的前进,而在曲线区段的前进过程中,需要增加外部的推力;在施工过程中,要对整个过程中的泥浆比例和压力进行严格控制,浆液初凝时间要控制在4-6小时,而注浆的压力则要视地质情况而调节到0.3-0.5 MPa。

(四) 环境影响防控要点

隧道建设对周围生态环境造成巨大的冲击,因此必须加强对建筑损坏等损伤的防治。项目利用多层灌浆法对地面沉陷进行治理,可以盾构推进周围3-5 m区域进行注浆,使地基的承载力提升30%,能有效地遏制沉陷。通过对盾构推进工艺的合理设计和土量精准调控,保证出土方量与开挖方量相适应,防止超开挖引起的地面沉陷超标。

建筑物的防护需要按照其构造型式和地基型式来制订特殊的设计方案。在砖混结构中,主要监控地基发生轻微的倾斜,其沉降量按0.002计算;针对框支式建筑,重点考虑两个立柱基础之间的差异,其差异控制在0.002 L以内;对于高层建筑,必须将倾斜变化控制在合理范围之内,以此达到施工标准。建设期间,如发现建筑物的位移与警戒值相近,应及时对推进的速度进行调整,还要持续增加灌浆的力度,从而对建筑物进行不断加固。

针对地下管线防护,首先要做好管线的调查,明确不同管线的材质以及方向等,从而建立管线资料文件。根据硬管和软管的特点,提出了差别防护方法。其中,对于刚性的压力管道,必须将变形控制在10毫米以内,而对于柔性管路变形控制在20毫米以内,对于煤气管路,差值不超过0.3%,污水和给水管路的偏差不得超过0.25%。工程建设中,必须对监测网络进行增加,持续对推进参数进行优化与调整,从而降低管道的变形情况,一旦出现异常情况及时停工,并进行注浆加固和管道悬挂等紧急处理。

三、优化施工技术策略

(一) 多源数据融合动态构建

建立多源信息融合的隧道观测系统,可以有效提高

施工监测准确性和工作效率。项目将GPS等多种数据集成,构建数据融合一体化模式,实现多源观测数据的去噪和分析。GPS静止测点为大尺度的面内参考,全站仪的定点高精度定位,远距离的通道位置参考由陀螺经纬仪进行,而自主导航则可以实时获取盾构的姿态信息,多源数据相互验证和互补不足。利用卡尔曼滤波器对各观测模式进行加权,再采用算法进行迭代求解,获得最佳量测结果。

(二) 智能化监测预警机制优化

建立以人工智能为基础的智能监控与预警系统,可以对施工风险进行事前辨识和精确预警。技术通过分析以往施工监测数据,再结合当地的地质以及各种类别的参数,可以实时获取超过约10份的数据样本。基于LSTM技术,可以快速构建预警模型,可以将5个监控时段的观测资料以及相应结构参数快速输入到模型当中,从而对下一循环的变形情况进行预报。通过对模型的实时训练和检验,可以持续对超参数数据进行优选,保证数据预报的准确性,使得警示误差小于5%。

结语

总之,文章基于实际工程,对超大直径盾构隧道施工关键技术及优化策略进行系统分析,从而取得良好的施工效果。施工期间,通过测量控制等核心技术,可以精确控制施工要点,从而保证整个施工过程质量达到标准。未来施工行业可持续探讨BIM与建筑工程深层次结合,达到对建筑工程的全过程质量控制,不断强化各种新技术和材料的应用,以此降低建筑能耗,避免对环境造成干扰,以期为重大工程优质发展提供技术基础。

参考文献

- [1] 朱曦. 高速公路隧道机械化配套施工技术研究[J]. 交通科技与管理, 2025, 6(15): 174-176.
- [2] 李文豪, 李华林. 高速公路隧道施工技术及管理要点探讨[J]. 工程建设与设计, 2025, (14): 198-200.
- [3] 张永军. 公路隧道工程开挖防护施工技术研究[J]. 运输经理世界, 2025, (21): 73-75.
- [4] 胡杰. 超大直径公路隧道内部结构清水混凝土侧墙移动模架施工工艺[J]. 建筑科技, 2023, 7(05): 58-62.