

大坡度掘进、小半径盾构到达施工技术

刘元龙

中铁上海工程局集团有限公司, 上海 200000

[摘要] 针对 34% 大纵坡、300m 小半径曲线盾构接收施工技术要点。本文以杭州地铁 7 号线工程九工区盾构项目为例, 着重从重难点把握、施工技术措施等方面, 探索大坡度、小半径接收盾构施工技术, 以达到为后续施工起借鉴作用的目的。

[关键词] 大坡度、小半径盾构接收; 施工技术

DOI: 10.33142/ec.v4i4.3603

中图分类号: U455.7

文献标识码: A

Construction Technology of Large Slope Excavation and Small Radius Shield Arrival

LIU Yuanlong

Shanghai Civil Engineering Group Co., Ltd. of CREC, Shanghai, 200000, China

Abstract: The key points of receiving construction technology for 34 % large longitudinal slope and 300m small radius curve shield machine. Taking the shield project of No.9 work area of Hangzhou Metro Line 7 project as an example, this paper explores the construction technology of large slope and small radius receiving shield from the aspects of key and difficult points and construction technical measures, so as to achieve the purpose of reference for subsequent construction.

Keywords: shield receiving with large slope and small radius; construction technology

引言

为确保项目建设过程中, 盾构施工活动有序展开, 结合项目建设具体目标, 总结技术操作和实施的关键, 是高效率、高质量施工的主要条件。

1 工程概述

杭州地铁 7 号线工程九工区两个盾构区间, 分别为北二路站~江东二路站区间和江东三路停车场出入段线盾构段区间^[1]。本次工程涉及到小曲线半径、大纵坡的为江东三路停车场出入段线盾构段区间, 江东三路停车场出入段线盾构段区间出段线里程为 CDK0+080.001~CDK1+830.000, 出段线长 1749.999m; 入段线起终点里程为 RDK0+070.015~RDK1+747.709, 入段线长 1677.694m。出入段线总长 3427.693m。隧道线间距为 11.07~24.01m, 隧道埋深 4.33m~19.4m。出入段线区间在江东三路接收井位置存在 34% 的大纵坡, 300m 小半径曲线段。

2 大坡度掘进、小半径接收盾构施工技术要点

2.1 大坡度下盾构推力分析

如果盾构机处于地下施工环境内, 其产生的载荷包括外部载荷与内部载荷两种, 外部载荷是指整个周边环境内的地质环境对盾构机本身所产生的各项载荷, 同时动作过程中在垂直方向上也会产生载荷, 相关设施连接区域所产生的各类支撑力也可以作为外部载荷进行处理。对于内部载荷, 则主要是在机器的运行过程以及相关设备的使用过程中, 在端口结构上所产生的内部相互作用力。对于外部所产生的载荷, 主要会在盾构机运行的垂直方向上和水平方向上出现。对于内部载荷, 则会表现出立体呈现状态。

在大坡度环境下, 如果处于上下坡的运行状态时, 也会产生一个沿坡路方向上的重力分力, 该分力的生成方案可按照如下图所示的模式进行表现。这一分力的实际参数会与产生的坡度参数是完全相关, 也会影响断钩机在不同运行状态下的处理参数。

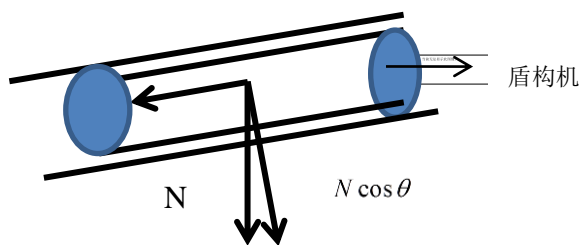


图 1 盾构机上坡掘进重力分力图

本文研究的工程中，线路坡度为 34%，由上图的分析可以发现，盾构机上坡时，则产生的最小推进力要高于平面上的运行推动力。

2.2 曲线段掘进受力分析

推力分布可以由千斤顶操作点的方向角 θ 和单推强度求得。如图 2 所示，把 θ 方向的延长线与圆（千斤顶作用点连线构成的圆）的交点的推力，我们通常把它设为最大值。

从图中可以看出推力正比于 r 的圆筒分布，则各个千斤顶的推力可由其相应的位置来求得。

对于盾构机在曲线方向上的受力情况，主要是受到千斤顶的操作点和实际的推进强度影响，具体的处理方法如下图所示：

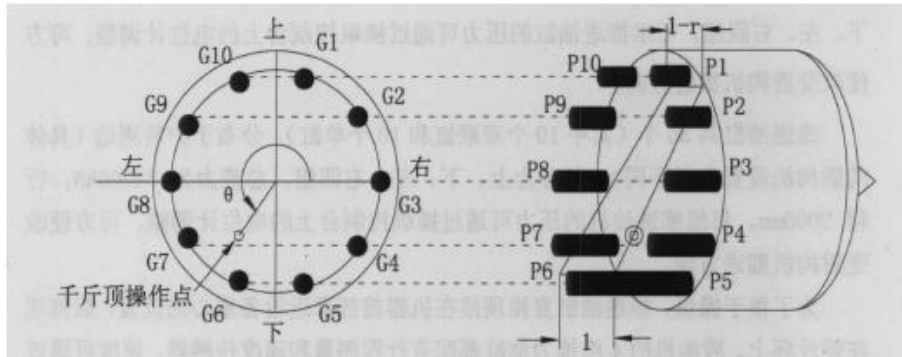


图 2 千斤顶推力分布情况计算示意图

此时可以发现，产生的推力参数与圆桶的半径呈现正比分布状态，也就是说，千斤顶所实际产生的推力由其当前所处的位置反推求得。而具体的计算方法如以下公式处理，此时需要求出的参数为水平方向上和垂直方向上的分量。

$$x = \frac{100}{PB_x} \left(\theta_x + \frac{1}{T_{ix} \int \theta_x dt} \right) \quad (1)$$

$$y = \frac{100}{PB_y} \left(\theta_y + \frac{1}{T_{iy} \int \theta_y dt} \right) \quad (2)$$

式中： θ_x 、 θ_y —姿态偏角 (°)；
 PB_x 、 PB_y —比例带 (%)；
 T_{ix} 、 T_{iy} —积分时间 (s)。

根据这两个公式的分析可以发现，针对千斤顶的实际操作点会完全根据盾构机当前的姿态偏角决定，同时结合对原理图的分析可以进一步发现，如果千斤顶的操作点产生过大的偏离参数，那么整个盾构机的实际推力参数受到的影响更加深远，就产生的效果上来看，可以取得更好的转化效果，但是如果偏离值过大，那么对地层所产生的推进力也会发生变化，并不一定能够适合当前的土层需要。

2.3 施工过程重难点把控

如果盾构机所处的运行环境处于大坡度且小半径的隧道区域，从产生的力学分析结果上来看，对于整个盾构机的运行参数以及相关的技术人员要求大幅度提升，因此需要在实际施工前，针对施工过程所提出的具体要求以及不利因素进行专业化的研究，之后才可以设定专业参数。大坡度、小半径接收盾构施工技术科学推行过程中，为确保基本施工程序可规范实施，针对工程建设过程中的重点、难点进行全面性梳理，也是其活动开展中不可缺失的分支^[3]。

以本次项目工程建设项目为例，技术人员将本次工程施工中的重点和难点进行了综合梳理：（1）江东三路停车场出入段线盾构段区间设有 2 段直径为 300m 小半径曲线，小半径曲线中盾构机姿态调整及线形控制难度大。进行问题处理和应对时，技术人员先运用盾构机在穿越前进行控制网格和井下、隧道部分的检测。同时，将盾构机按照测得区域基本姿态，实行曲线路径式推进。（2）在大坡度掘进以及小半径接收盾构施工环节，一旦操作不当易出现掘进姿态偏差过大，盾构机无法出洞、盾构台车脱轨、受力不均匀导致管片破损等问题。为了进一步提高施工水平，需结合潜在风险提出针对性改进建议，以此针对盾构施工方案予以完善，保证每一种风险都能处于可控状态下。（3）姿态偏差实

实际上是在盾构施工中,因盾构机自重问题,促使掘进姿态控制难度加大,在小半径范围内即使修正也很难达到预期掘进效果。而在小半径转弯施工中,若施工人员对于盾构台车转弯阶段出现的偏差问题,未能及时处理,会直接造成盾构台车脱离原轨道。管片姿态与盾构姿态相差过大则容易造成管片的破损。

从大坡度、小半径接收盾构施工建设具体环节出发,针对施工难点部分进行调整,不仅为后续项目实施和推行提供了较好的分析依据,更能够解决施工中的难题,这是当前项目建设和施工的主要依据。

2.4 盾构施工技术措施

结合本次工程项目实施开展的具体情况,将盾构施工技术措施概括为:(1)盾构设备适应性调节。由于区域基本状况不同,施工期间所实行的盾构强调也存在着一定的差异。本项目盾构区域周围转弯半径较小,盾构机在掘进时利用铰接进行姿态控制。盾构设备选择时,技术人员也应注意盾构设备的基本参数。一般来说,如果盾构机进入到了曲线段,则需要调整其姿态,要向整个曲线的内部偏移 20~30mm,同时采用小推力、低扭矩的操作模式,让盾构机处于慢速掘进状态,从而达到减小千斤顶对管片水平侧向推力的作用,并降低对地层的扰动效果。当外部小半径圆曲线出现施工管片隧道变形时,施工人员可依据经验将其调节到 900~1000t 左右。(2)管片选型。盾构管片选型调节期间,管片拼装质量上的差异,也会对盾构设备的做功状态产生干扰。为保证在大纵坡、小半径曲线范围内掘进施工质量,管片选择 1 环标准环+1 环转弯环进行拼装,利用转弯环进行盾构线型的调节,减少管片破损。(3)盾构姿态实时调控和调整期间,为确保盾构姿态的准确性,采用立信导向系统,对盾构姿态实时监控。在接收前 50 环,每环进行盾构姿态的测量,根据测量数据进行盾构机推进的指导。(4)需要根据该隧道的掘进轴线参数设定超挖量,因为如果要能够降低曲线施工的难度,则超挖量就需要处于增长状态,且对于盾构机本身来说,此时不容易出现卡壳问题,更加容易转向。该过程除了要处理超挖参数,还需要同步灌注混凝土浆液。需要注意的是,在土体处于松动状态时,可以直接绕入开挖面,这就会导致由于曲线推进时出现反力下降现象,则隧道变形量会增加,需要控制超挖量参数。(5)在小半径曲线段部分开始降低速度,并依据盾构机的能力进行辅助改推进,在接收前 50 环前控制速度保持在 $\leq 2\text{cm}/\text{min}$ 状态。同时提前进行盾构姿态的纠偏,一般纠偏控制在 1cm 左右,采取“勤纠、少纠”,不能一次性纠偏过大。(6)采用可硬性浆液同步注浆,注浆压力调节强度为 0.3~0.4MPa。注重结合外部曲线和管道调整过程中,一般是向曲线的外侧区域进行注浆处理,要形成有效压力,对油缸内的推力参数进行平衡操作,此时可减小管片在推力作用下发生的偏移总量。同时,注浆期间对应做好地层变形方面的调整,要将管片周围受力情况,作为外部振动支撑能力分析中的一部分。(7)区间隧道部分应通过小型半径曲线路段设定法,先对施工路段整体进行偏离纠正,再局部进行纠偏调整,以确保曲线段部分规整化建设。(8)盾构掘进和接收期间,为了保障项目施工活动规范化展开,施工人员还对专家意见进行了梳理,其中包含了盾构机掘进期间,必须要保障土仓部分压力强度稳定,采用割线接收的方法,可适当增加限界偏差,保证盾构顺利出洞。同时,项目具体施工建设期间,技术人员还要按照常规要求对管片和盾构机的姿态进行调整,以确保设备能够平稳运行。(9)如有条件,在接收井施工阶段,对盾构环进行适当的放大,以保证接收的顺利。

盾构技术实施过程中,施工技术措施方面的分析和科学性整合,也是技术研究中不可忽视的一方面。

3 结论

综上所述,大坡度、小半径接收盾构施工技术分析,是工程项目施工技术形式不断优化调节的理论归纳。在此基础上,本文通过把握施工中的重难点、相关盾构机的接收技术等内容,同时分析了大坡度和小半径工程的施工要点。文章研究结果,为后续活动实施提供了新视角,也为后续实际施工提供有效的依据。

[参考文献]

- [1] 马辉,王飞,刘泽挂,等.深埋特长大坡度斜井变形规律与影响因素分析[J].地下空间与工程学报,2020,16(2):950-956.
 - [2] 潘彦斌.大坡度掘进、小半径接收盾构施工技术分析[J].市政技术,2018,36(01):124-126.
 - [3] 王秀丽.复杂环境下大坡度、长距离、小净距重叠隧道盾构掘进关键技术研究[D].重庆:西南交通大学,2017.
- 作者简介:刘元龙,(1990.4-)男,安徽工业大学,中铁上海工程局集团有限公司,项目总工,工程师。