

地铁盾构隧道掘进中的同步注浆施工技术分析

李金鑫 符卫东

(中国水利水电第十一工程局有限公司, 河南 郑州 450000)

摘要: 随着城市规划建设持续推进, 地铁盾构项目工程逐渐增多, 隧道掘进属于地铁盾构项目建设的重要节点, 在隧道掘进实操过程中, 对注浆施工有较高要求, 同步注浆属于现阶段隧道掘进广泛运用的施工技术, 为进一步了解及把握该技术, 便于今后更好地开展同步注浆施工技术操作, 本文主要结合地铁盾构项目工程实例, 探讨地铁盾构隧道掘进中同步注浆相关施工技术, 仅供参考。

关键词: 隧道掘进; 地铁盾构; 同步注浆; 施工技术

中图分类号: U455.43; U231.3 **文献标志码:** A



在地铁建设过程中, 盾构方法的应用相对广泛, 在地铁盾构项目工程隧道掘进操作过程中, 同步注浆是一项重要的施工技术手段, 直接关系到整个项目建设效果。因而, 对地铁盾构隧道掘进中同步注浆的相关施工技术开展实例分析较为必要。

1 地铁盾构的隧道掘进中同步注浆的施工技术基本原理及注浆管理

1.1 在技术原理层面

地铁隧道项目工程中所用的盾构方法, 实则为暗挖方法的重要构成部分。借助盾构掘进装置完成施工作业, 施工工序以掘进作业→安装管片→注浆作业→脱出盾尾→浆液凝固为顺序。该技术手段应用后, 不会对周边建筑及交通产生较大影响, 防止地表发生过度沉降及噪声污染问题, 在竖井口周边集中振动情况下, 不会因隧道埋深致使工程成本及施工风险增加。经大量工程实践研究了解到, 管片的衬砌外径如果比盾构装置刀盘直径小, 则管片一旦从盾尾脱离, 便会在岩体间产生9~15 cm的缝隙, 位移问题极易产生, 致使地面发生沉降问题, 严重威胁现场的施工安全, 合理对壁后实施注浆处理, 可起到良好的补充缝隙作用。现阶段壁后注浆包含一次注浆、二次注浆。一次注浆包含即时、后方还有同步注浆作业。使用过程中, 若施工作业所需下穿地层稳定性较差, 则应优先考虑应用同步注浆的施工技术, 避免变形及地表沉降

等问题的产生, 保证有序完成施工活动^[1]。

1.2 在注浆管理层面

(1) 一次注浆。所谓一次注浆即同步注浆, 在发现缝隙后便及时落实注浆作业, 达到有效填补缝隙目的。所用方式一般情况下包含借助注浆管予以填入、自管片上面的注浆孔予以填入这两种不同方式。但由于借助注浆管予以填入, 是在盾构外位置插入注浆管, 内部如果有垃圾杂物存在, 则堵塞问题极易产生, 因此该方式为完全性的同步注浆。自管片上面的注浆孔予以填入, 则是管片自盾尾掉落后再注浆, 为半同步注浆。在施工技术工艺流程上主要是先完成一环掘进作业, 及时对管片的注浆孔部位开展注浆作业, 再落实后方注浆, 逐渐掘进至数环后, 借助管片将注浆孔现场注浆作业完成。该方法一般适用于稳定性良好的软岩施工中。注浆作业应结合地质层基本特征、所用机械装置等方面的具体情况选定适宜方式, 便于达到同步注浆最佳施工效果^[2]。

(2) 二次注浆。在一定程度上, 二次注浆属于优化技术手段, 可对一次注浆起到良好改善或优化作用, 其优势集中表现为对缝隙可实现查漏补缺, 针对浆液收缩导致体积改变情况可起到填充作用。但实践中应注意要想确保其各项作用得到更为充分的发挥, 在浆液选用上需参照一次注浆作业标准。而要想实现增强周边地层总体支持力实施填充处理这一作用, 便

需科学、合理地选定化学浆液。

(3) 注浆压力及注浆量。要想确保注浆管理达到更为理想的实施效果,便需对注浆压力及注浆量实施有效把控,即处于合理压力条件下,把控注浆量。注浆量的控制,应以适宜的注浆量为基础,对其压力实施协调控制。隧道掘进作业期间,注浆量因易被掘进路线及浆液类型等外部各项因素影响,因此要想实现用量的准确运算难度较大;而针对注浆压力,则需充分考虑盾构方式、浆液特点、水压等方面,以实施正确的判断。因施工技术往往具有一定实践经验,间隙水压通常设为 210 kN/m^2 。为确保达到预期目标,需选定不同数值实施反复试验,为工程质量提保障。

2 实例分析

2.1 工况

某地铁一期项目工程中,土建部分五工区洲石

路站至钟屋站区之间的线路,起于洲石路站,并止于钟屋站。左线起点里程设为ZCK21+969.716,终点里程设为ZCK23+487.729;左线包含长链1.960 m,其隧道长约1519.973 m;右线起点里程设为YCK21+969.716,终点里程设为YCK23+487.735,右线长设为1518.019 m;区间在右侧CK22+460.000位置设一座联络通道,线路最低点右侧CK22+950.000位置设一座联络通道兼水泵房,均使用矿山方法开展施工作业;区间隧道实际埋深设11.4~28 m,区间范围最大纵坡为29‰。区间线路出洲石路站后,沿着西北方向进行敷设,下穿多栋钟屋工业区厂房和黄田钟屋的人行天桥后,沿着广深公路开展敷设,并下穿黄田人行天桥,最终到达钟屋站。现结合该地铁盾构项目工程,对地铁盾构的隧道掘进中的同步注浆相关施工技术开展实例分析,地质分布情况如表1所示。

表1 地质分布情况

钻孔编号	顶部高程 (m)	底部高程 (m)	厚度 (m)	埋深 (m)	风化硬夹层岩性	风化硬夹层所处地层
MLZ3-TKH-51	-14.37	-16.27	1.9	23.0	中风化混合花岗岩	全强风化岩之间
MLZ3-TKH-111	-19.14	-22.14	3.0	29.5	中风化混合花岗岩	强风化岩(块状)
MLZ3-TKH-22	-8.82	-9.92	1.1	16.5	中风化混合花岗岩	全强风化岩之间
MLZ3-TKH-115	-13.44	-14.94	1.5	23.8	块状强风化混合花岗岩	中风化岩

2.2 技术实操

2.2.1 在同步注浆节点

同步注浆作业是为避免地面沉降情况出现,将管片圆环与盾构相互间的缝隙补充好,属于地铁工程中盾构隧道实施掘进操作的重要步骤。要求选定具备优良的渗水性能及和易性,且具备较高强度的浆液,确保适量、适时且平均地注入,结合地层变化实测数据及压浆过程中的压力值等,设定压浆参数,现场落实同步注浆作业应自盾尾注浆管逐步实施填入作业^[3]。结合以往实践经验及施工现场地质情况,该铁路工程选定水泥砂浆作为同步注浆作业所用浆液,针对特殊路段则需与具体情况结合,合理选定类似于二次补压浆的相应双浆液,将注浆压力把控至0.4~0.6 MPa范围,同步实施掘进及压浆作业。地铁盾构的隧道掘进期间,要求安排专人负责对工作面实施压浆处理,针

对实际的压入地点及数量、压力值等数据进行详细记录,同时需实时检测地层,如果发现潜在的变形情况,务必及时做好调整处理。针对该地铁盾构工程,在隧道掘进整个过程中同步注浆节点所需把握的要点如下:

(1) 在同步注浆配比确定层面

单浆液属于同步注浆中的材料,填入后仍可维持流动状态,致使不可控注浆结果产生,部分会无法按照原计划补充。因处于地下环境进行施工作业,地下水往往会影影响浆液,如会被地下水稀释。施工场地地下水较为丰富时,浆液离析现象发生后,会致使注浆强度下降,甚至产生不凝结现象,隧道上部分土层缺少良好支撑,过度沉降必然会产生。对此,浆液选用应满足硬度优良、和易性好的要求,同时可实现便捷化运输及搅拌作业,不会有离折或沉淀情况出现,

呈小收缩率等。浆体即便已发生凝结,若所形成体积收缩相对合理,可避免产生地表变形现象,浆液固结的收缩率要求把控至5%,且强度务必适中。同时,浆体凝结前,其早期强度应保证地层无沉降情况产生。固结体要求强度为1 d强度 ≥ 0.3 MPa、28 d强度 ≥ 2.0 MPa,维持适宜的凝固时间。首次凝结为较短时间,则无浆液流失现象产生,最后凝结的时间应较长,浆体持续呈塑性状态,盾尾装备不会受损。凝固时间最适宜把控至4~10 h,借助试验对其配比予以完善,确保凝固时间得以减少^[4]。

(2) 在注浆材料及其浆液配比层面

将盾构地段所处地质环境特性与盾构机械作业方式等结合,合理设定注浆材料的配比,即水泥:水:中砂:粉煤灰:膨润土:减水剂=215:585:1179:316:83:1.67;水:中砂:粉煤灰:膨润土:惰性浆液=1350:376:43:2.7:45。

(3) 在注浆作业工序及其余注意事项层面

一是前期准备。预先准备好所需全部注浆材料,对各项设施开展认真细致的审查,测定压力系统总体运行状况是否良好。二是浆液搅拌作业。该地铁盾构项目工程施工中,搅拌站地处明挖车站周边位置,实行人工配料,搅拌水平 $25\text{ m}^3/\text{h}$ 。三是浆液储备及运输作业。选定 8 m^3 运输车辆,将浆液运输至地铁盾构区域,借助砂浆泵再将其传送至盾构装置 7 m^3 储浆罐内部,搅拌即可开始,确保储浆罐及运输车辆维持良好的干净卫生状态。四是浆液泵送作业。利用同步注浆综合系统,确保两台注浆泵可同步注浆现有4个加注口,依照现行各项参数要求,把控注浆量。同步注浆作业前,务必全面了解及把控各项参数,确保注浆作用可得到更好的发挥,谨防地表沉降。水土压力如果比注浆压力小,则需设定为 $1.11\sim 1.14\text{ Pa}$ 。现场施工期间,浆液难免出现流失情况,因此注浆量务必把控至超出理论值 $1.4\sim 1.7$ 倍。为保证注浆质量,掘进速度及注浆速度应一致,直到注浆量及注浆压力达标,注浆作业便可完成。此外,同步注浆现场施工技术具体操作期间,注意事项详细如下:同步注浆容易出现漏浆问题,部分是掌子面或盾尾发生漏浆。若掌子面发生漏浆现象,便需补充一定量膨润土起到良好改善作用;若盾尾发生漏浆,便需借助棉纱进行堵漏处理,

起到改善作用^[5]。针对处理堵管层面问题,浆液在管路内部停留较长时间会发生凝结情况,如此便可改变其浆液配比,确保管路内部无杂物,才可维持其畅通状态,充分解决此类问题。

2.2.2 在二次注浆节点

为防止盾构后土体后期发生沉降现象,便需开展二次注浆作业,特别是盾构需下穿软土层、地下管路、地面建筑等情况时,务必落实补压注浆作业。可选用水玻璃或水泥浆式双浆液,注浆压力要求把控至 $0.3\sim 0.4\text{ MPa}$ 。压浆操作务必安排专人负责,各项数据务必记录完整,与场地地层变形实测信息进行结合,积极采取各项处理措施,确保压浆作业有序完成。

3 结束语

综上所述,在地铁盾构项目工程的隧道掘进操作期间,为确保高效落实同步注浆等施工技术,技术人员需全面把握同步注浆的技术原理及注浆管理实施要点,结合工程具体情况,合理制定同步注浆现场施工技术实操方案,并适当落实二次注浆作业,保证地铁盾构项目工程的隧道掘进中的同步注浆等施工技术操作有序完成。

参考文献

- [1] 韩雨珩,于洋,朱思宇,等.盾构机隧道掘进中壳外注浆施工技术研究[J].建筑与装饰,2020(8):111-112.
- [2] 邱家松.地铁盾构隧道掘进中的同步注浆施工技术[J].中国高科技,2020,35(22):219-220.
- [3] 刘富强.同步注浆施工技术在地铁盾构隧道掘进中的应用[J].工程技术研究,2021,16(7):224-225.
- [4] 李雪,霍鹏.城市轨道交通盾构同步注浆国内外现状及发展[J].都市轨道交通,2020,33(24):128-129.
- [5] 江杰,龙逸航,邢轩伟,等.富水圆砾地层盾构下穿既有地铁隧道掘进参数研究[J].铁道科学与工程学报,2021,41(1):333-334.