

Construction Technology of Completely Broken Flour and Sand Overlay Tunnel

Cunqiang Luo

Suzhou Rail Transit Group Co., Ltd., Suzhou, Jiangsu, 215008, China

Abstract

Based on the actual environment of the cross ~ section of Suzhou Metro Line 3, this paper expounds the design and construction measures taken in the construction process of the completely broken flour and sand overlay tunnel, the successful application of the measures in this project can be used for reference and popularization in Suzhou Metro completely broken flour and sand overlay tunnel.

Keywords

shield; overlay tunnel; hydraulic support trolley; measures

全断面粉砂层重叠隧道掘进施工技术

罗存强

苏州市轨道交通集团有限公司, 中国·江苏 苏州 215008

摘要

论文通过对中国苏州地铁3号线跨~汇区间现场实际环境, 阐述了全断面粉砂层重叠隧道施工过程中采取的设计和施工措施, 该项目中各项措施的成功应用为苏州地铁全断面粉砂层重叠隧道有借鉴和推广作用。

关键词

盾构; 重叠隧道; 液压支撑台车; 措施

1 引言

伴随着中国轨道交通的飞速发展, 城市地铁线路的加密成网, 出现了线与线之间的交叉, 尤其在换乘车站附近出现了大量的重叠隧道的工况。为了考虑换乘时乘客的便捷出现了大量的垂直换乘、T型换乘车站, 这也对现场施工提出了新的挑战和要求。通过对苏州地铁3号线跨~汇区间左右线重叠隧道施工技术讨论, 为苏州后续类似工程提供参考和借鉴。

2 工程概况

2.1 工程概况

跨~汇区间右线起点里程 DK34+536.908, 终点里程 DK35+278.597, 右线隧道长 741.689m; 左线起点里程 DK34+536.914, 终点里程 DK35+278.597, 短链 3.266m, 左线隧道长 738.417m。区间隧道最大坡度 24.3%, 隧

道埋深 6.1~19.1m, 盾构法施工; 右 DK34+536.908~ 右 DK34+604.120 (右线从 560~617 环), 水平线间距 S 为 1.303~6.203m, 竖向净距 D 为 2.0m。沿线主要下穿园区葑亭大道 2 号桥及高压钢管塔, 重叠施工部分如图 1 所示。

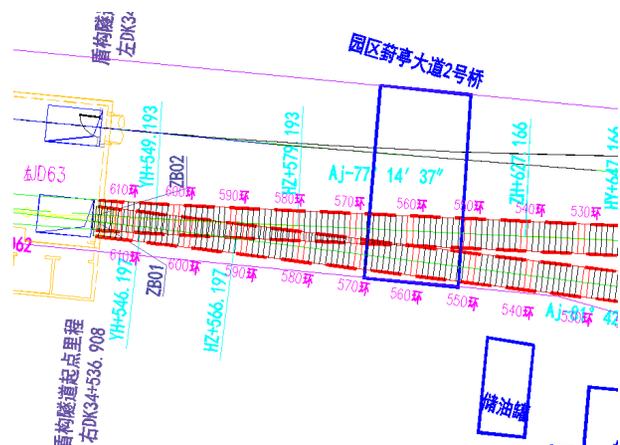


图 1 跨~汇区间重叠隧道平面图

2.2 具体工程地质情况

跨~汇区间隧道盾构掘进范围内土层为软塑状为主的粉

【作者简介】罗存强 (1987-), 男, 中国湖南新宁人, 毕业于中国西南交通大学, 工程师, 土木工程专业。

土层,具体地质情况如图2所示。

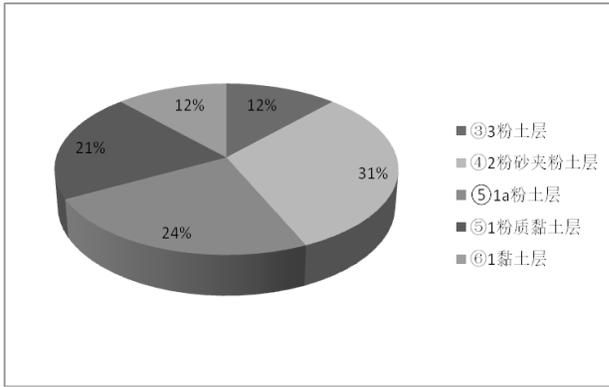


图2 跨~汇区间盾构穿越土层比例图

表1 重叠隧道位置及土层

区间	部位	土层分布	重叠长度	对应环号
跨~汇区间	右线	⑤1粉质黏土层、⑥1黏土层	67m	560~617
	左线	④2粉砂夹粉土层、⑤1粉质黏土层	67m	559~615

3 施工方法

3.1 先建隧道结构加强

3.1.1 螺栓加强

通过三维数值模拟实验发现,下行隧道管片的内力极大地受到上行隧道施工、盾构机作业面等临时性因素的影响,故需要对下行隧道管片进行内力校核,并考虑各项临时荷载和内力。数值模拟实验结果显示,下行隧道管片的纵向螺栓,其抗剪和抗弯能力均不符合各项要求^[1]。

对重叠隧道段管片纵、横向连接螺栓均采取加强措施:螺栓由通常设计的5.8级M27提高到6.8级M30,提高了管片螺栓的抗弯和抗剪强度,进而提高相邻管片纵向连接力和抵抗上下错动的能力。

3.1.2 管片加强措施

分析隧道掘进施工时,发现盾构机、管片、土体三者之间的作用关系,盾构机掘进作业势必导致设备四周的土体发生塑性变形并向各个方向挤压。若两条隧道之间的净距在3m以内时,上行隧道盾构掘进时所挤压的土体会对下行既有管片内力产生极大的影响,其结果是下行隧道的管片应力增加而超过管片的设计值上限。因此,需对先施工隧道管片进行加强处理,以抵消施工应力增加产生的影响。此外,对重叠隧道的管片进行必要的设计调整,主要措施为增大管片含筋量。

3.2 走行式液压支撑台车支撑相应措施

3.2.1 理论分析

根据模拟分析结论,重叠隧道在施工阶段所要解决的主要矛盾就是在上行隧道施工过程中,对下行隧道设置临时支撑,且临时支撑体系必须满足以下要求。

(1) 上行隧道掘进作业时,可抵抗下行既有管片接缝所产生的在垂直方向上的剪应力。

(2) 通过提高下行隧道纵向的刚度,以减小其垂直方向的弯曲变形。

(3) 下行隧道管片在上行隧道掘进影响范围内时,在该范围内必须维持在支撑状态,禁止随意减少支撑力。

根据上述要求支撑体系与成型隧道的关系图,如图3所示。

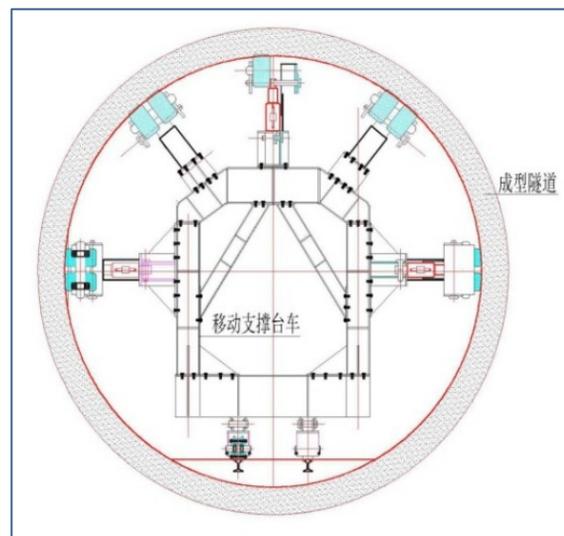


图3 支撑体系与成型隧道的关系图

3.2.2 走行式液压支撑台车支撑原理

走行式轮式液压支撑台车工作原理,如图4所示。

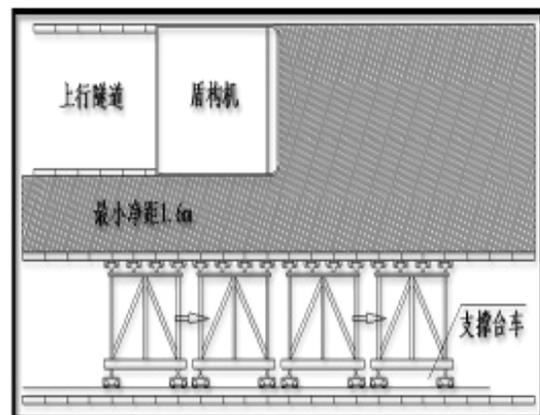


图4 先下后上支撑示意图

3.2.3 走行式液压支撑台车支撑特点

第一，满足对下行隧道的支撑要求。重叠盾构隧道工程的先建隧道（下行隧道）结构受后行盾构（上行隧道）施工的影响范围，上行隧道刀盘前的下行隧道结构存在一定挠曲时，盾尾后方会相应向上隆起，直到趋向于一个稳定值。按照模拟计算结合经验影响范围，确定对上隧道盾构机工作面前 24m，工作面后 12m（共 36m）范围相对应的下行隧道结构设置临时支撑系统，降低上行隧道施工对下行隧道既有结构的影响。

第二，在上行隧道掘进施工面即将影响下行管片之前，可以对下行隧道影响范围内的管片提前施加一定的支撑力，保证支撑台车的支撑面与管片相互吻合。为确保管片不会因为提前受到支撑力而不会发生错动，应当提高下行隧道管片的整体刚度，以此来减少下行隧道产生在垂直方向上的弯曲变形。此外，下行隧道在上行隧道掘进施工面 24m 的范围内，必须连续支撑严禁卸载。

第三，可利用盾构施工运输轨道自行行走，与后施工隧道盾构机实现同步前进，实现长距离重叠隧道施工过程中连续不间断提供支撑力。下行隧道采用走行式台车支撑体系。行走式的台车由四节可在钢轨上移动的台车组成，每段台车可在其纵向位置上设置间隔为 0.75m 的管片支撑设备。走行式台车由 4 节台车组成，台车可在钢轨上行驶，每节台车沿纵向设置一道支撑，每道支撑间隔 750mm，由 12 点、14 点、16 点、2 点、4 点共计 5 个轮式支撑组成（苏州地区采用 16 点，最上面为 16 点位，顺时针依次为 1-16 点），台车之间采用连接杠相连形成一个整体。在外力的推动下，台车在不卸力状态下同上行隧道盾构机一同向前移动，对下行隧道进行连续不间断支撑，移动速度（0~50mm/min）满足上行隧道盾构掘进速度，上下工作面进行沟通^[2]。

3.3 夹层土体加固

3.3.1 地层加固方案

如图 5、图 6、图 7 所示，针对重叠隧道上部地面不具备加固条件，难以进行地面垂直加固情况下，上下行隧道之间土体加固采用隧道内注浆方法。上行与下行隧道的叠加区域必须安装带有注浆孔的特殊管片，方便对管片后方土地进行注浆作业。

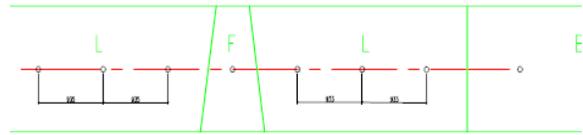


图 5 特制管片注浆预留孔图

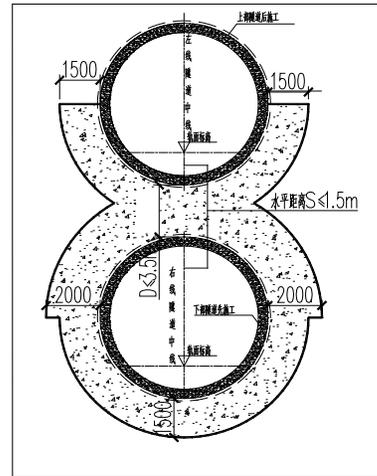


图 6 重叠隧道夹层注浆加固图

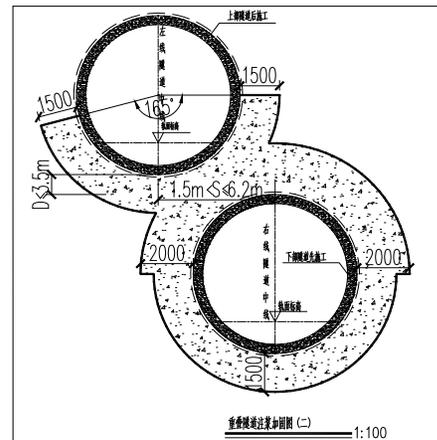


图 7 近接重叠隧道夹层注浆加固图

3.3.2 夹土体加固施工

重叠隧道上下隧道间所夹地层为粉砂层及粉质黏土层；应对上下隧道间所夹土体进行注浆加固处理。具体为：首先，下行隧道掘进时，为了确保盾尾土体、管片空隙、相邻土体直接的密闭性，应当提高同步注浆压力和注浆量；其次，两次注浆必须的导管必须通过预留的注浆孔插入到足够深的土地之中，确保对上行与下行隧道间的土体进行注浆加固；最后，二次注浆浆液一般采用双液浆，即水泥 - 水玻璃浆液，同时必须满足注浆后的土体其无侧限抗压强度大于 1MPa。

在上行隧道施工时也需提高同步注浆和二次注浆量，并采用与上述相同的方式向上、下行隧道间土体进行注浆。实

际施工时因采用双液浆,导致浆液扩散难度大,注浆量难以达到设计要求,最后双液浆改为单液浆(水泥:水=1:1)。

3.3.3 夹土体加固效果检查

上行与下行隧道间土体加固强度一般使用地质雷达来检测,主要检测指标为加固后土体的均匀度和密实性,同时还必须采用钻孔取芯复核。地质雷达应当全部检测加固土体,取芯检测频率为1断面/10环,每个断面取3个孔^[9]。

3.4 盾构施工控制

3.4.1 盾构掘进参数

土仓压力:0.7~1.5bar.

转速:0.8~1.0r/min.

推进速度:20~30mm/min 较合理.

刀具贯入量:20~40mm/r 左右.

扭矩:2400~2700kN·m(掘进过程中适当调整).

总推力:1200~1400T(掘进过程中适当调整).

理论排土量:49m³/环(刀盘直径6470mm).

3.4.2 同步注浆

上行隧道:0.2MPa~0.25MPa(注浆压力);同步注浆量为6m³~6.5m³/环(下部注40%;上部注60%);再根据地面沉降情况进行调整。

下行隧道:0.5MPa~0.20MPa(注浆压力);同步注浆量为6m³~6.5m³/环(下部注60%;上部注40%);再根据地面沉降情况进行调整。

3.4.3 二次注浆

上行隧道:0.2MPa~0.35MPa(注浆压力);二次注浆量为1~2m³/环,要根据地面沉降情况进行调整。

下行隧道:0.2MPa~0.30MPa(注浆压力);二次注浆量为1~2m³/环,要根据地面沉降情况进行调整。

3.5 端头井支撑平台

采取“先下后上”施工顺序,由于工期要求及后期工序等情况影响,下线施工完成后不能及时进行吊装孔封堵,需要采用钢支撑平台进行临时支撑上线盾构机接收工作,钢支撑平台经过受力验算。

4 自动化监测技术

自动化监测采取了TM30自动化监测和人工监测的方式对观测目标的水平、垂直位移进行监测。把监测数据及时反

馈给盾构作业面,能够做到实时掌握施工引起的变化,迅速调整、优化施工方法,以确保本工程的安全。

本项目重叠段长度为110环,130m,因此本项目的监测长度为130m。监测点布置情况为共布置监测点数:80个,在盾构区间监测范围内布设20个结构变形监测断面。断面间距为5环6m,每个断面布设4个迷你棱镜结构变形监测点,其中拱底布1个棱镜,拱腰2个棱镜,拱顶1个棱镜,如图8所示。

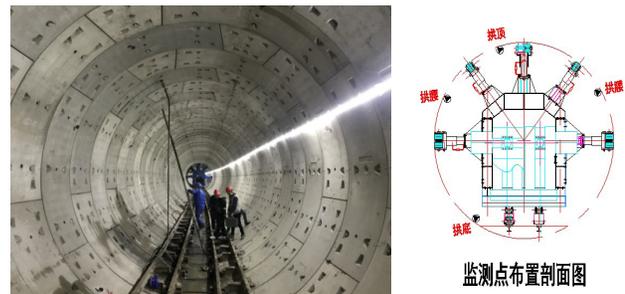


图8 监测点布置断面图

5 施工技术成果

跨~汇区间左线于2017年10月10日进入重叠段,10月25日停机封环,2017年10月28日左线盾构全线贯通,环片拼装完成,历时15天。

拱顶沉降监测点累计变化最大点为KY04-4,最大累计量为8.6mm(控制值±10mm)。

拱底沉降监测点累计变化最大点为KY04-2,最大累计量为6.6mm(报警值±10mm)。

水平收敛监测点累计变化最大点为SPSL11,最大累计量为-9.20m,(报警值±10mm)。

垂直收敛监测点累计变化最大点为CZSL12,最大累计量为-8.4mm(报警值±20mm)。

该重叠段施工工艺及注浆工艺设计合理,盾构掘进速度均匀,对已施工完成的隧道影响较小,在规范允许的范围内。

参考文献

- [1] 郭晨. 近距离重叠盾构隧道施工影响的数值模拟 [D]. 成都:西南交通大学,2009:15-16.
- [2] 赵巧兰,林巍. 小净距、长距离重叠盾构隧道设计、施工技术 [J]. 铁道标准设计,2009(10):88-93.
- [3] 赵东平,王明年,宋南涛. 浅埋暗挖地铁重叠隧道近接分区 [J]. 中国铁道科学,2007(06):65-69.