

# 城市轨道交通盾构法隧道施工技术探讨

张昌田

(中国水利水电第七工程局有限公司 四川成都 610213)

**摘要:** 为了更好保障城轨交通隧道建设效果, 必须不断优化技术方案、创建健全的技术控制模型, 夯实施工基础的基础上, 体现出盾构法的价值。由此, 探讨盾构法的基本原理与特性, 指出了盾构法隧道作业常见的断面类型, 如单圆、双圆以及单洞双线等, 最后阐述了盾构法隧道建设技术要点, 希望给城轨交通发展带来借鉴依据。

**关键词:** 城轨交通; 隧道; 盾构法

现如今, 盾构法被普遍用来修建城轨交通隧道, 其中必不可少的机械就是盾构机, 掘进时能够通过外壳和衬砌支护隧道围岩, 采取切削设备挖掘前方土体后, 利用出土设备朝外运输渣土, 采用顶进设备顺隧道设计中心线向前推进, 然后同时采取预制组装机片和灌浆方法修建隧道。盾构法操作繁琐, 精度和科技含量很高, 充满重新下, 应当在不干扰地上交通稳定同行的基础上修建隧道。

## 1、盾构基本特性及原理

采取盾构法修建轨道隧道, 主要内容有稳固挖掘面、挖掘和排土、衬砌。相较于其他工艺方法, 盾构法存在良好的自动化特性、成本少、操作迅速、免受天气环境影响, 还能够防控地表凹陷, 明显减少对地上构筑物的影响。尤其是针对埋深大、隧道长的城轨交通, 实施盾构法具有良好的经济价值。

此外, 将盾构法用于城轨交通隧道建设中, 既能够保障生产安全, 也能够维护管片支撑结构。盾构机涉及盾体、刀盘以及螺旋输送机, 操作时, 盾构法具体流程有机械安拆、开挖土体、衬砌、组装与防渗等<sup>[1]</sup>。操作者要提前在某个地段采取明挖法挖掘基坑, 再将盾构机放入基坑中, 等盾构机就位后先朝挖掘面开挖一段与装配式衬砌宽度一样的土体, 然后基于盾构机反力装备产生外力支护。同时, 在盾壳掩护下依靠千斤顶把切口环朝前顶进土层完成土层开挖和装配式衬砌, 设置盾构反力架, 构成外部支护, 接着在盾壳掩护下依靠把切口环朝前顶进土层完成土层挖掘、装配式衬砌。

## 2、盾构法隧道作业常见的断面类型

近些年, 城轨交通隧道建设中频繁使用盾构法, 伴随科技的进步, 盾构隧道出现了很大变化, 涌现出了许多断面, 如单圆、双圆以及单洞双线等断面类型。

### 2.1 双圆断面

修建双圆盾构隧道, 应当根据隧道施工规范化要求, 总结工程限界指标、作业偏差、检测偏差和不均匀下沉等各种因素, 以此科学评价施工需求, 确保设计方案有效与合理<sup>[2]</sup>。操作时, 隧道内控约 5.7 米, 管片厚度 0.3 米, 整个隧道圆环有分成 11 节段, 为保障稳固性, 必须在中间建立立柱。这种断面类型的盾构隧道可以避免后续运维管理, 节约运维开支。

### 2.2 单圆断面

这种盾构隧道的内径约 5.5 米, 管片厚度 0.35 米, 需要在同个区间结构中修建两个单独然后并行的单圆隧道结构, 其最大作用在于经济科学, 整个操作进度管控效果很好, 可以结合施工需求统筹管理。

### 2.3 单洞双线断面

这种断面类型的盾构隧道整个框架的限界圆大小是  $\Phi 9.8$  米。通常情况下, 双线盾构隧道内径控制在 10.2 米, 管片厚度 0.5 米, 整个框架的中间属于车行道, 顶部会建立纵向排烟管、底部会建立排水槽或是集水井, 提高运营质量的同时, 创建系统化城轨交通管理

结构。

## 2.4 类矩形断面

这种断面形式是由光滑且可导曲线构成, 整个盾构隧道外形与矩形密封轮廓十分相似。常规的矩形盾构区间隧道规划方案上, 最大顶覆土厚度要超过 25 米, 限界根据 B2 鼓型车进行规划, 且规划过程与管理任务应考虑 A 型车辆需求<sup>[3]</sup>。规划类矩形断面隧道时, 特别区间段安装钢管片来取代立柱, 确保隧道通行的稳固性及安全性, 其外包规格是长 11.5 米、宽 7.5 米, 管片厚度 0.45 米, 有利于加大空间使用率。

## 3、盾构法用于城轨隧道建设中的技术内容

考虑到国内城轨交通直接受制于城市构筑物与布局, 项目规划与建设比较特别, 多元化、集约化隧道结构在符合空间使用率的基础上, 对工艺技术的革新带来了诸多挑战, 普通的技术方法难以适应人性化、高规范化的施工需求, 随着原材料性能的提升以及思想观念的改变, 出现了大量新技术, 给城轨交通融入了新的发展动力<sup>[4]</sup>。比如, 水下常压换刀方法处理了跨江隧道建设时换刀的技术问题; 冷冻刀盘至于掌子面完成冷冻预固定, 确保换刀环节挖掘面稳固。根据城轨交通建设标准, 在选择具体形式的同时完善技术计划、确定技术重点, 充分体现技术价值, 促使城轨交通正常运行。

### 3.1 水下常压换刀

建设城轨隧道期间, 仔细研究现场地质环境以及工作环境。针对滨江城市和临湖城市, 建设城轨交通时不可避免会遇到穿过江河的现象, 对此需要仔细评价远程、高水压因素, 保障整个施工环节的可靠性, 提高地质施工质量。

为了增强水下操作的可靠性及安全性, 可以采取常压换刀手段, 防范带压入仓隐患, 一边检测刀具, 防止停机时间太长而影响作业效果和进度。常压换刀基本步骤如下:

- 1) 把刀盘旋转到指定地方。
- 2) 设置导向杆和闸门启闭油缸。
- 3) 铺设冲洗水管, 以便后期顺利作业。
- 4) 统一拆卸固定螺栓后做好刀具退出任务。
- 5) 统一清理刀腔然后关上闸门。
- 6) 调换刀具。

水下操作时采取常压换刀手段有助于提升工作效率, 减少操作时间, 保障整个施工阶段的安全性, 减少施工隐患, 节省开支。

### 3.2 盾构机出入洞处理

城轨隧道建设阶段, 操控盾构机时要注意如下内容:

- 1) 着重管理盾构机出入洞作业, 这关系到整个隧道建设效果。
- 2) 为确保盾构机正常入洞, 要提前确定线路, 避免与设计中心线误差太大。
- 3) 因为盾构机入洞困难、操作复杂, 需要采用合适的方法完成各种操作, 如提前加固洞口段土层, 确保安全。

4) 准备任务结束后,为防止土体长时间暴露,需按照盾构机基本状况令切口切进地层。

### 3.3 联络通道机械化操作

联络通道属于联系地面空间和地下空间的核心纽带,主空间处理好后再建设联络通道,因此容易忽视联络通道。既有联络通道操作核心是在通过土层加固之后利用矿山法开挖,采取冻结法来稳固<sup>[5]</sup>。冻结法得到普遍使用,但操作时有许多安全隐患,工期较长、成本多、效果不明显。所以,采取微加固、能切割、密封好、强支撑的联络通道微加固机械法 T 接工艺,其一般是在狭窄密闭的隧道内完成盾构机开发和接收任务,然后采取止水注浆工艺与调整支护框架进行微加固来操作 T 接隧道,示意图见图 1 所示。该方法顺利用于城轨交通隧道建设中,满足地下空间开发规定,能够减少联络通道作业影响,也可以节约成本和缩短工期,实现联络通道机械化发展。

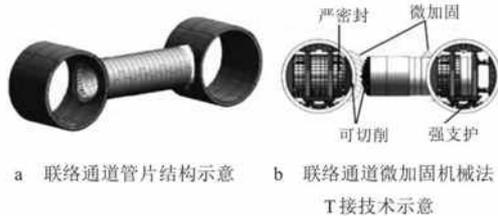


图 1 联络通道机械法

### 3.4 冷冻刀盘工艺

城轨交通建设中,盾构法可以很好适应砂层、断层和淤泥层等繁琐地质条件。盾构机掘进时如果地质环境不符合常压换刀操作要求,能够选择冷冻刀盘工艺来冷冻土层,有利于增加整个土体强度及可靠性,预防特殊路段凹陷,削减土层破坏,保障换刀作业安全。实施冷冻刀盘工艺时按照控制标准把盾构机、掌子面刀盘细分成 12 个分隔仓室,然后在刀盘钢结构部位连上异形冷冻管,接着在异形冷冻管内注入 $-30^{\circ}\text{C}\sim-28^{\circ}\text{C}$ 低温盐水,令整个刀盘钢结构成为一个“冻结圆盘”,还可以冻结分隔仓室中的土体,盾构设备前、后、上、下位置的土体,令周围成为冻土帷幕,由此顺利换刀。冷冻刀盘工艺既可以保持挖掘面可靠性,也能够下降地下水位,避免地下水对隧道建设的影响,保障作业环境稳固及安全,提高盾构法使用成效。通过改进的冷冻刀盘和搅拌机见图 2 所示。

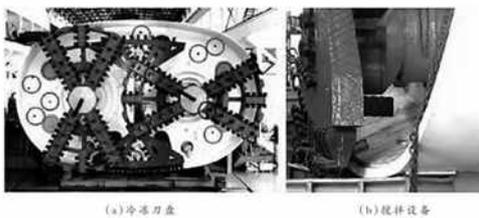


图 2 过改进的冷冻刀盘和搅拌机

### 3.5 沉降防控工艺

城轨交通建设期间,为更好保障沉降防控效果,必须更新技术模式,结合具体情况实施防控手段,充分挖掘盾构法的价值,满足工程质量标准。

第一,盾构机在地底开挖时难免会造成土层扰动与变形,对此需要实施同步灌浆方法,盾构机开挖时以规定压力朝盾尾超挖空隙位置注入一些浆液来填满间隙,尽可能减小土层下降对施工的干扰。第二,盾构作业时,如果刀盘外径超过盾体外壳,于盾构机盾体周边将在挖掘轮廓和盾体之间出现环形间隙,使得以往的同步注浆方法无法严格管控附近土体变形<sup>[6]</sup>。所以,有必要采取克泥效工法新工艺,根据规定配比均匀搅拌黏土与强塑剂,组成可塑性黏土,其黏度较高,很难固结,塑性状态检测内容见表 1 所示。搅拌时间宜为

4.5s,黏度能处于 $300\sim 500\text{dPa}\cdot\text{s}$ 以内,整个结构硬化时间很快,可以起到挡水作用,减小沉降干扰。经合理调节配比,能够得到性能不一样的黏土,适应多种施工要求。第三,为挖掘克泥效工法的价值,需联合工艺处理机制以及质量管控方式。保障盾构操作流程齐全的同时,处置好起止时间,提高土压平衡质量。另外,规范化管理盾构机开挖止水过程与空洞填补过程十分关键,可以提升整个工程建设效果,综合使用上述措施,能够积极应对城轨隧道建设中盾构作业面临的挑战,确保生产安全及效果。

表 1 塑性状态检测内容

检测内容	测定值	规格值
硬化时间	6-12s	-
黏度	300dPa·s	300-500dPa·s

## 4、注意事项

### 4.1 制定安全作业保障机制

基于安全作业各种规章制度,要做好各项管理任务,具体内容如下:

1) 根据工程具体情况优化安全作业管理计划。

2) 现场作业者既要落实安全作业责任机制,也要结合单位需求做好培训活动,并构建安全作业教育培训档案。

3) 动工前,管理者必须保障现场满足安全作业管理标准以及施工规定。

4) 实际施工中定时开展整体安排大检查活动,并记录保存。

### 4.2 说明事前风险和筛查潜藏隐患

动工前要制定齐全、有效、可行的工作计划,遵守施工放内部、监理部门、业主和建设主管职能机构的审批程序,必须做好所有工作方案交底任务。此外,施工放要说明事前风险,令作业者知道工程风险事故、产生原因、注意事项、事故防范和解决方法等内容,然后筛查现场周围环境和员工潜藏隐患,保障生产安全。

### 4.3 动态监控和评估事中风险源

对于实际施工阶段的重要风险源头,要采取项目监测、现场巡查和监控等手段,并且按照全面监控、两类预警、风险直达形式来动态化监控和评估事中风险源。除此之外,优化事后突发风险事故应急处理办法。从工程整体着手,根据其施工特点,在系统预测施工阶段潜藏风险事件后,判断、分析和评价风险源,然后总结常见事故类型。然后从根源上判断风险源,制定事故整体应对救援计划,根据施工放内部、监理部门、业主和建设主管职能机构的审批程序,贯彻执行应急预案交底任务。

## 5、结束语

总之,城轨交通建设中,有必要改进盾构法隧道开挖工艺,建立可控制的工作管理形式,保障各操作环节顺利对接,体现盾构法隧道开挖工艺价值,提升工程建设效果及效率,保障生产安全,推动城轨交通可持续发展。

### 参考文献:

- [1]吴佩霞.城市轨道交通盾构法隧道施工技术研究[J].运输经理世界,2024(03):13-15.
- [2]李保虎.城市轨道交通盾构法隧道施工工艺研究[J].工程建设与设计,2022(02):124-126.
- [3]冷冬.城市轨道交通盾构法隧道施工新技术及应用[J].中国高科技,2021(14):96-97.
- [4]孙福双.城市轨道交通盾构法隧道施工技术分析[J].工程技术研究,2021,6(12):98-99.
- [5]孟泽祥.城市轨道交通盾构法隧道施工新技术及应用[J].中国科技投资,2021(11):117-118.
- [6]周双禧,李志华,陈非龙,等.城市轨道交通盾构法隧道施工新技术及应用[J].施工技术,2020,49(19):87-92.