

地铁盾构机穿越复杂地质施工技术

刘 鹏 陶应峰 陈浩然
中咨工程管理咨询有限公司 北京 100050

摘要：随着城市化进程的不断加速，地铁建设成为了城市发展不可或缺的一部分。然而，在地铁施工过程中，常常会遇到各种复杂的地质条件，给盾构机的穿越施工带来了很大的困难和挑战。本文将着重介绍地铁盾构机穿越复杂地质施工技术，为读者提供有价值的参考。

关键词：地铁施工；盾构机；复杂地质；施工技术

1 盾构施工的背景和意义

地铁盾构施工是指使用盾构机在地下隧道中进行挖掘和拼装的过程。在施工过程中，需要面对各种复杂的地质条件，如断层、岩溶、流沙、地下水等。这些地质条件对盾构施工的安全和稳定性都会产生很大的影响，因此需要采取有效的措施来应对。

在复杂地质条件下，盾构施工的难度和风险也会相应地增加。例如，在断层地段，盾构机需要通过破碎带或者遇到不稳定的岩体时，就需要采取特殊的措施进行施工，以保证施工的安全和稳定性。此外，在岩溶地段，地下水的存在会对盾构机的正常运行产生很大的影响，需要采取特殊的措施进行处理^[1]。

2 地质情况

在地铁盾构机穿越施工中，常常会遇到各种复杂的地质条件。其中，最常见的地质情况包括以下几种：

软土地层：软土地层是指土层较软、承载能力较低的地层，常见于河床、海岸、湖边、河道等地区。盾构机在穿越软土地层时，容易发生沉降和变形，影响施工进度和质量。

岩石地层：岩石地层是指硬度较高、承载能力较强的地层，常见于山区、岩石山脉等地区。盾构机在穿越岩石地层时，容易发生地表塌陷和地层隆起，影响施工进度和质量。

砂层和泥岩层：砂层和泥岩层是指颗粒较细、含水量较高的地层，常见于河流、海岸、湖泊等地区。盾构机在穿越砂层和泥岩层时，容易发生涌砂和涌泥，影响施工进度和质量。

3 盾构机工作原理

盾构机的工作原理包括以下几个方面：

开挖土体。盾构机在掘进过程中，首先需要开挖出一条导向隧道，以便在后续的施工中沿着这条隧道前进。开挖过程中，盾构机的刀盘会旋转，同时开启盾构

机的驱动油缸，推动盾构机向前掘进^[2]。

圆柱形钢构件推进。在开挖土体的同时，盾构机的圆柱形钢构件会沿着隧道轴线向前推进。这个过程中，盾构机会开启螺旋输送机，将开挖出的土体输送到后方的土仓中。

土仓和螺旋输送机。当土仓和螺旋输送机内的碴土堆积到一定量时，开挖面上的截污渣土通过刀槽进入土仓的阻力增大。当土仓的土压力与开挖面上的土压力和地下水的水压平衡时，开挖面可以保持稳定，开挖面相应的地面部分不会坍塌或膨胀。此时，只要从螺旋输送机和土仓输送的渣土量和截止的渣土保持在土仓中。

排土和衬砌作业。当开挖面达到设计标高后，盾构机会停止掘进，同时开始进行排土和衬砌作业。排土作业是通过螺旋输送机将土仓中的渣土排出，同时通过带式输送机将渣土输送到指定地点^[3]。衬砌作业是通过在管片拼装机上组装机片，形成隧道的内壁，从而实现隧道的衬砌。

开挖土体和圆柱形钢构件推进的循环过程。盾构机的工作过程是一个不断开挖和推进的循环过程，直到达到设计标高或者穿过所有土层。在每个循环中，盾构机都会进行开挖、排土和衬砌作业，以实现隧道的掘进。

4 盾构施工中可能存在的疑点和难点

4.1 断层地段的施工

断层是指地壳中的一种地质构造，通常会出现在地表以下几十至上百千米的深度范围内。在断层地段，盾构机需要通过破碎带或者遇到不稳定的岩体时，就需要采取特殊的措施进行施工，以保证施工的安全和稳定性。

4.2 岩溶地段的施工

岩溶是指地下水在溶蚀作用下形成的各种形态的洞穴和石笋等地貌。在岩溶地段，盾构机需要通过溶洞或者涌水的情况，就需要采取特殊的措施进行施工，以保证施工的安全和稳定性。

4.3 地下水的处理

地下水是指在地下水位以下的水体，包括潜水、承压水等。在地下水存在的情况下，盾构机需要采取特殊的措施进行处理，以保证施工的安全和稳定性^[4]。

4.4 流沙的处理

当班班长应立即通知盾构技术部相关负责人，技术部通知项目经理，会同监理工程师共同探讨解决方案。立即停止掘进，撤出涌水发生处等待命令，并将盾构螺旋机的紧急闸门以及其它闸门关闭，等待解决方案的下达。同时，时刻观察现况及盾构测量系统所显示的各项参数，如有异常情况应及时通知技术负责人。通知周围建筑物内的人员立即撤离，并组织救援队伍进行抢险处理。如果涌水较大或者无法及时有效控制，可以选择暂时停止掘进，等待水势减弱或者寻找其他出口。在处理流沙过程中，应当注意安全，避免发生意外事故。在处理流沙后，应当对盾构机进行检查和维修，以确保施工的顺利进行。

5 复杂地质条件下地铁盾构施工关键技术

5.1 地铁盾构施工关键技术

(1) 施工测量技术。在施工前，需要进行详细的测量工作，包括控制测量、地表沉降监测、地下管线探测等，以确保施工的精度和安全。

(2) 地质分析技术。需要对施工区域的地质情况进行详细的分析，包括岩土性质、地层结构、水文情况等，以制定合适的施工方案和应对措施。

(3) 数字化模拟技术。需要采用数字化模拟技术对盾构施工过程进行模拟，包括刀具选型、掘进姿态、地层变形等，以优化施工参数和施工方案。

(4) 反馈控制技术。需要根据模拟结果和实际情况，及时进行调整和优化，包括调整掘进速度、改变刀具角度、增加支撑等，以保证施工的稳定性和安全性。

(5) 特殊施工技术。在特殊地质条件下，需要采用特殊的施工技术，如高压注浆、超前支护、围岩补强等，以保证施工的顺利进行^[5]。

(6) 监测与控制技术。需要加强对盾构施工过程的监测和控制，包括监测地表沉降、地下水位、围岩变形等，及时发现和处理施工中出现的异常情况和异常问题。

(7) 信息化管理技术。需要采用信息化管理技术，对盾构施工进行全过程监控和管理，包括施工进度、施工质量、安全风险等，以提高施工效率和管理水平。

5.2 预埋带分区注浆系统钢环技术

预埋带分区注浆系统钢环技术是一种用于预埋带分区注浆系统的钢环结构技术，它可以有效地解决预埋带

分区注浆系统在施工和使用过程中可能遇到的问题。以下是该技术的一些主要应用和注意事项：

(1) 适用范围：预埋带分区注浆系统钢环技术适用于各种带状基础和地下结构的预埋注浆施工。

(2) 钢环设计：钢环由钢板和型钢组成，钢板和型钢之间通过高强度螺栓或焊接连接。钢环的外径与预埋带分区注浆系统的外径相同，内径根据注浆管的内径进行设计。

(3) 注浆管安装：在安装注浆管时，需要将注浆管穿过钢环并固定在钢环内侧，然后进行注浆。注浆管的外端与注浆设备连接，内端与预埋带分区注浆系统连接。

(4) 分区注浆：在钢环内部，根据带状基础或地下结构的分区情况，设置若干个注浆孔，并在注浆管上设置相应的注浆阀门。注浆时，先进行预定区域的注浆，然后通过注浆阀门逐个进行分区注浆，直至整个系统注浆完毕^[1]。

施工注意事项：在进行预埋带分区注浆系统钢环技术施工时，需要注意以下事项：

(1) 钢环的安装应符合设计要求，并应平整、无扭曲、无焊缝开裂等缺陷。

(2) 注浆管的安装应保证注浆管的内端与注浆设备连接紧密，并应避免在注浆过程中出现异常震动。

(3) 在进行分区注浆时，应根据分区情况合理设置注浆孔的位置和数量，并确保各个注浆孔的位置和角度相互独立，以保证注浆的均匀性和注浆效果。

(4) 注浆过程中，应对注浆管和注浆孔进行定期检查和清理，以确保注浆效果和施工质量。

(5) 在进行带状基础或地下结构的分区注浆时，应根据实际情况确定注浆材料和注浆压力，并确保注浆材料的均匀分布和注浆压力的稳定控制。

(6) 在进行带状基础或地下结构的分区注浆时，应注意对周围环境的影响，并采取必要的措施防止注浆过程中对周围环境造成污染。

总之，预埋带分区注浆系统钢环技术是一种有效的预埋带分区注浆系统施工技术，可以解决预埋带分区注浆系统在施工和使用过程中可能遇到的问题，保证施工的质量和效率。

5.3 地铁盾构施工危险源控制措

(1) 加强施工人员安全培训，提高安全意识，规范施工现场管理，严格按照施工方案和安全技术措施进行施工。

(2) 盾构施工过程中，应对地表及建筑物沉降进行监测，并采取措施进行控制，防止地表及建筑物沉降过

大导致的设备损坏或安全事故。

(3) 在地铁盾构施工过程中, 应加强对地下管线的保护, 防止地下管线损坏导致的设备损坏或安全事故。

(4) 在地铁盾构施工过程中, 应加强对周边环境的监测, 防止周边环境导致的设备损坏或安全事故^[2]。

(5) 在地铁盾构施工过程中, 应加强对施工设备的维护和保养, 确保设备的正常运行, 防止因设备故障导致的安全事故。

(6) 在地铁盾构施工过程中, 应加强对施工现场的安全管理, 及时发现和消除安全隐患, 防止事故的发生。

(7) 在地铁盾构施工过程中, 应加强对施工现场的环境保护, 防止环境污染导致的安全事故。

5.4 软硬不均地层盾构掘进施工技术

软硬不均地层盾构掘进施工技术是一种在软硬不均地层中进行盾构掘进的技术, 通常采用复合式盾构机和刀盘, 以实现在不同硬度地层上的掘进。具体来说, 软硬不均地层盾构掘进施工技术包括以下几个方面:

地质勘察: 在进行盾构掘进施工前, 需要进行详细的地质勘察, 包括对覆土和地下水位的监测、地层情况的分析等。

选择合适的刀盘和刀具: 根据地层情况和掘进需求, 选择合适的刀盘和刀具, 以实现在不同硬度地层上的掘进。刀盘通常采用即可掘进硬岩又可掘进软土的复合刀盘^[3]。

掘进参数优化: 在软硬不均地层中, 需要对掘进参数进行优化, 以保证掘进的稳定性和安全性。例如, 可以通过调整刀盘转速、刀具压力、掘进速度等参数, 以实现在不同硬度地层上的掘进。

旋喷桩加固: 在掘进过程中, 可能会遇到地层软弱或含水量高的情况, 导致掘进困难。此时, 可以采用旋喷桩加固技术, 提高地层强度和稳定性, 为盾构掘进施工创造良好的条件。

监测与控制: 在盾构掘进施工过程中, 需要对掘进参数进行实时监测, 并采取措施进行控制, 以保证掘进的安全和稳定。例如, 可以采用监测仪器对地表沉降、管线变形等进行监测, 并及时采取措施进行处理。

反馈与优化: 在掘进施工结束后, 需要对施工过程进行反馈和优化, 以实现对施工方案的不断改进和优化。

5.5 地铁盾构施工中各阶段的风险管理

5.5.1 施工准备阶段:

(1) 制定详细的施工方案和应急预案, 明确各项风险管理措施和责任人员。

(2) 进行地质勘察和测量工作, 掌握施工区域的地质情况和相关资料。

(3) 选择合适的盾构机型号和施工工法, 并进行必要的性能测试和验收。

(4) 进行刀具选型和刀具角度的设计, 并进行必要的实验验证。

(5) 进行管线和周边环境的探测和保护工作。

5.5.2 盾构掘进阶段:

(1) 严格控制掘进速度和姿态, 避免发生地层变形和地表沉降等事故。

(2) 采用先进的监测手段, 实时监测地层变形和地表沉降等情况, 及时发现和处理异常情况。

(3) 加强对盾构机的维护和保养, 确保其正常运行。

(4) 加强对盾尾密封系统的检查和维护, 确保其正常运行。

(5) 加强对盾构机液压系统的监测和调整, 确保其正常运行。

5.5.3 出洞和封闭阶段:

(1) 进行出洞前的准备工作, 包括封闭盾构机尾部、拆除盾构机和洞内设备等。

(2) 进行出洞后的施工, 包括对洞内设备进行拆除、地表沉降和地层变形的监测等。

(3) 加强对盾构施工现场的监测和控制, 确保施工的安全和稳定性^[4]。

5.5.4 后期风险管理:

(1) 进行盾构施工后期的监测和维护工作, 包括对地表沉降、地下水位等情况的监测等。

(2) 加强对周边环境的保护和恢复工作, 确保周边环境的安全和稳定。

(3) 加强对施工现场的管理和监督, 确保施工的安全和稳定性。

总之, 地铁盾构施工中各阶段的风险管理包括施工准备阶段、盾构掘进阶段、出洞和封闭阶段和后期风险管理等内容。在进行风险管理时, 需要根据实际情况和相关规范要求, 采取科学、有效的措施, 确保施工的安全和稳定性。

结束语

地铁盾构机穿越复杂地质施工技术包括多种施工方法, 如泥水平衡式盾构机、土压平衡式盾构机、双层内衬式盾构机等。地铁盾构机穿越复杂地质施工技术是一项极其重要的工程, 它关系到地铁工程的安全和质量。在施工过程中, 需要综合考虑各种因素, 采用合适的技术和措施, 确保施工的安全和顺利。总之, 在复杂地质

条件下,地铁盾构施工需要采用多种关键技术,综合运用各种技术手段,确保施工的安全和稳定性,保证地铁施工的质量和效率。

参考文献

[1]陈俊.地铁盾构机穿越复杂地质施工技术及相关措施[J].工程机械与维修,2020(05):116-117.

[2]胡鹰志.复杂地质条件下富水动压砂层盾构开仓加

固区施工技术[J].施工技术,2020,49(13):10-13.

[3]胡鹰志.复杂地质条件下富水动压砂层盾构开仓加固区施工技术[J].施工技术,2020,49(13):10-13.

[4]刘承宏,陈宇博.复杂地质条件下穿老旧建筑物盾构法地铁施工技术研究[J].中国设备工程,2019(18):109-111.

[5]吕鹏程.复杂地质条件地铁盾构施工技术要点及安全影响因素[J].价值工程,2020,39(08):171-174.