

# 浅谈大直径泥水盾构施工安全管控要点

## Discussion on the Key Points of Safety Control of Large Diameter Mud Shield Construction

孙广健

Guangjian Sun

中铁二十二局集团有限公司 中国·北京 100043

China Railway 22nd Bureau Group Co., Ltd., Beijing, 100043, China

**摘要:** 论文以工程案例为主要研究对象,分析大直径泥水盾构在施工中的安全管理要点,提出有效的盾构工程安全风险防范措施,给相关项目提供参考数据,预防产生严重的盾构工程事故。

**Abstract:** This paper takes engineering cases as the main research object, analyzes the safety management points of large-diameter mud shield in construction, puts forward effective safety risk prevention measures for shield engineering, provides reference data for related projects, and prevents serious shield engineering accidents.

**关键词:** 盾构施工; 安全管理; 事故分析; 要点

**Keywords:** shield construction; safety management; accident analysis; key points

**DOI:** 10.12346/etr.v6i2.9016

## 1 引言

大直径泥水盾构施工过程更加复杂,安全风险更高。而对于大直径泥水盾构施工的安全管控要点进行研究,有助于减少事故发生的可能性,保障工人的生命安全和施工质量。在进行大直径泥水盾构施工前,要对施工现场进行详细的勘察和评估,包括地质条件、地下水位、周边环境等;制定详细的施工方案和安全措施,明确施工过程中的风险点和应对措施;定期进行设备的维护和检修,及时发现和排除潜在故障,可以有效降低事故风险。同时,施工方和监管部门之间需要建立良好的沟通机制,共同解决施工过程中的问题和困难,确保施工安全和质量。论文以深圳某盾构工程为例,进行描述。

## 2 工程概述

深圳某盾构隧道工程区间长度 3511.280m,采用 1 台(刀盘开挖外径 13.27m)泥水平衡盾构机掘进,区间设置 2 个废水泵房,2 个电力洞室。隧道管片强度 C50P12,分为九块,内径  $\phi 11700\text{mm}$ ,外径  $\phi 12800\text{mm}$ ,厚度为 550mm,宽度为 2000mm。采用错缝拼装,斜螺栓连接,通用型衬砌环形式,竖曲线通过管片旋转拟合,管片环缝设置分布式凹凸榫槽,

纵缝设置定位榫槽<sup>[1]</sup>。

## 3 大直径泥水盾构工作原理

大直径泥水盾构主要由盾构机、推进系统、切割头和泥浆循环系统组成。盾构机被放置在隧道起点,然后逐渐向前推进。推进系统由液压缸和支撑系统组成,能够提供足够的推力和稳定支撑,以保证盾构机的正常运行;切割头是盾构机的核心部件,它位于盾构机前端,用于切割地层。切割头通常采用刀盘式结构,其周围有多个刀片,可以旋转和振动。当盾构机向前推进时,刀盘会旋转并切割地层。同时,切割头会注入高压泥浆,以便清除切割出的土壤和岩石碎片;泥浆循环系统是保证盾构施工顺利进行的关键。它通过泵将注入的泥浆送回切割头,然后再次注入地层中。泥浆既可以起到润滑和冷却切割头的作用,又能够稳定地层,防止地层塌落,泥浆还可以将切割出的土壤和岩石碎片带回到地面,便于处理和分析。在施工过程中,大直径泥水盾构需要根据隧道的具体情况进行调整。例如,在软弱地层中,盾构机可能会遇到困难,并且需要采取额外的措施来增加地层的稳定性。但值得注意的是,在施工过程中要注意地下水位、地下管线等因素,以确保施工的安全性和质量(如图 1 所示)。

【作者简介】孙广健(1988-),男,中国山东德州人,从事铁路施工研究。

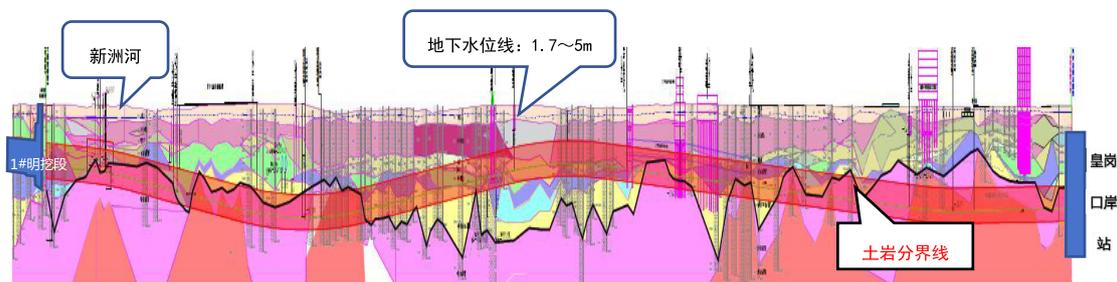


图1 盾构施工平面图

## 4 大直径泥水盾构施工重大风险源分析和预防措施

### 4.1 盾构掘进阶段的风险

大直径泥水盾构是一种常用于地下隧道施工的机械设备,但其施工过程中存在着一些与地质相关的重大风险源,这些风险源会对施工进度和安全产生严重影响,要在施工前评估地质风险问题。目前,地质风险主要包括地层不稳定、地下水突涌、地质构造以及地下空洞等问题。地层不稳定是大直径泥水盾构施工中最常见的地质风险,可能导致盾构机卡钻、掉头甚至崩塌等严重后果。而地下水突涌也是大直径泥水盾构施工中常见的地质风险,主要特征是地下水丰富,底层软硬不均匀,在盾构掘进中所使用的掘进数据合理性不足,施工人员缺乏掘进经验,盲目进行掘进操作,地下水突涌可能会导致洞口失稳、盾构机被淹等情况发生。

预防措施:

①在盾构施工前,施工单位要全面了解设计图纸,详细勘察工程周边相关事物,如地下管线、河流、铁路、桥梁等,补勘关键地区。对于重要建筑物,要实地访查产权单位,做好房屋安全鉴定工作。

②地表巡查监测。将监测断面设置在盾构隧道加固端头,在盾构始发阶段、接收段 100m 范围中,每隔 5m 沿着隧道轴线搭设一个监测点,相隔 10m 布置横向断面,且保证断面监测数量超过 9 个。同时,在其他环节隧道轴线布局时,以 10m 为单位布置监测点;每隔 3m 设置横向断面,监测点数量高于 9 个,横断面方向测点区域根据隧道底板埋深中线为标准,呈 45° 向上进行扩展<sup>[2]</sup>。

③管理盾构掘进数据。在掘进过程中,要严格控制盾构机掘进数据,有效优化掘进速度,规范盾构工作方向,实时监督不同系统参数、泥浆数据、掘进数据等,确保盾构施工能顺利进行。目前,在确定泥水贯入度、掘进速度、仓压力等数据时,要结合地表监测沉降情况、地质条件等数据,准确计算出上述数据内容。

④合理控制盾构施工的偏差值。如果盾构施工偏差值超过标准值,不仅会影响到限界、线路等方面的应用,还会产生地层扰动问题,增加地面沉降量。

### 4.2 盾构接收阶段和盾构始发阶段的风险

根据调查显示,盾构始发阶段和接收阶段产生突发涌水

事故占以往盾构工程事故的 30%。该类型事故主要原因是接收端和始发端地层黏土数量过多,降低端头地层的稳定性。同时,由于接收端和始发端埋深覆盖深度较浅,地下水资源丰富,但其加固措施不合理<sup>[3]</sup>。

预防措施:

①端头加固和降水处理。在建工程 1# 明挖段属于盾构始发井,工作井端头加固采用三重旋喷桩加固处理措施,配置降水井。采用 800@600 三重管高压旋喷桩加固,加固区长 17m,宽度至隧道结构外侧 5m (如图 2 所示)。

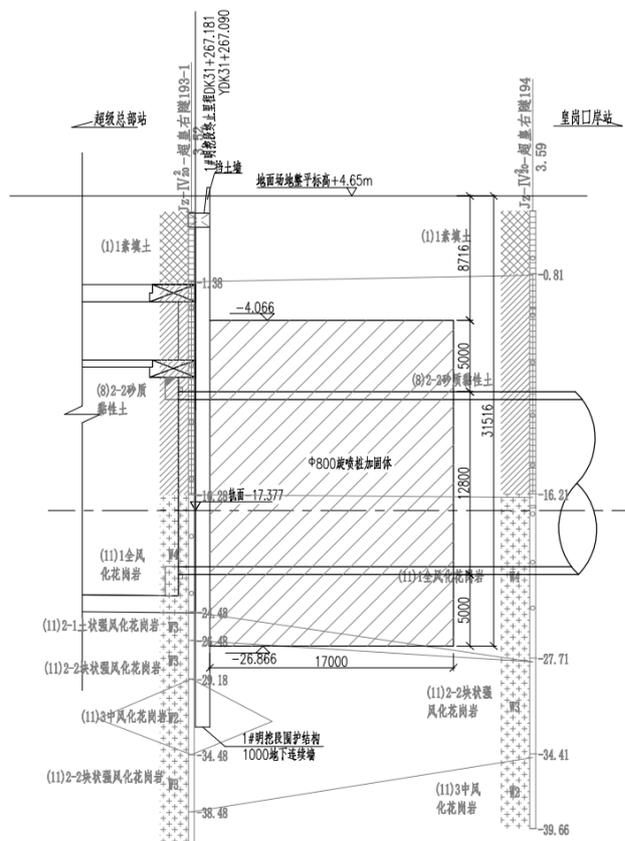


图2 始发端加固范围断面图

②盾构始发端是以双道帘布橡胶密封装置为基础,在盾构机刀盘移动到加固体前,合理控制水泥压力,保证其压力能满足泥浆循环目标。同时,通过洞口密封装置,将适量油脂灌注到注浆孔内,填充盾构机和洞门之间的空隙,在密封盾构机盾尾后进行注浆操作。

### 4.3 盾构选型阶段的风险

盾构机配置要结合复合地层水文地质情况进行科学调整,提前勘察隧道穿越地层的基本结构,综合分析盾构机掘进能力,主要包括刀具配置、刀盘开口率、推力扭矩等数据。例如:在本项目中盾构开挖直径为13.27m,穿越地上部全风化地层下部中风化花岗岩的上软下硬复合地层及微风化花岗岩全断面硬岩地层共2015m。在设计盾构过程中,以刀盘面板无刀位区域为基点,全面覆盖耐磨复合钢板,大圆环外侧采用合金块和耐磨钢板;在大圆环后侧焊接耐磨复合钢优化方案,配置重型加密扁齿滚刀,确保盾构能在隧道全长范围持续作业<sup>[4]</sup>。

预防措施:①综合分析工程地质、水文地质条件、经济性等条件后,科学选择盾构类型。②合理设计盾构不同环节的主要功能部件,如开口率、刀具类型、刀盘结构型式等,结合地质条件,计算出盾构的主要技术数据。同时,在选择盾构型号时,要计算刀盘开口率、刀盘转速、刀盘驱动功率等数据<sup>[5]</sup>。

## 5 大直径泥水平衡机盾构施工安全管理要点

### 5.1 设备选型

大直径泥水平衡机盾构施工是现代城市地铁和地下工程建设中常见的方法,其施工安全管理至关重要。在施工过程中,设备选型是一个非常关键的环节,影响着施工质量和施工安全。首先,考虑到施工工地的地质条件和环境因素。例如,如果地质条件复杂、地层不稳定,就需要选择具备较强适应能力和稳定性的泥水平衡盾构机。还要考虑到施工地点周围的环境因素,如有无建筑物、管线等,以充分保证施工的安全性。其次,施工项目的规模和要求。大直径泥水平衡机盾构施工通常用于大型地铁项目或长距离隧道施工,所以要选择具备较大直径和较强推力的盾构机。同时,要考虑到施工项目的要求,如施工速度、精度等,以确保施工的高效和质量。再次,施工人员的技能水平和安全意识。大直径泥水平衡机盾构施工需要专业的操作人员进行操作和监控。因此,在设备选型时,要确保施工队伍具备相关的技能和经验,加强培训和安全教育,增强施工人员的安全意识和应急处理能力,以应对施工过程中的各种突发情况。最后,设备的质量和可靠性。选择具备良好品质和可靠性的设备,可以有效降低设备故障率和事故风险。

### 5.2 管片配置

在施工过程中,管片配置是施工安全管理的重要要点。工作人员在进行大直径泥水平衡机盾构施工前,需要进行详细的设计,并确定合适的管片尺寸、材料和数量。施工方必须严格按照设计要求进行管片配置,确保管片的尺寸和质量

符合规定,以保证隧道的稳定性和安全性。同时,要保证管片配置符合施工现场条件,在进行管片配置时要考虑施工现场的地质条件、土层稳定性、水位等因素。根据实际情况调整管片的数量和材料,确保管片能够承受地下水压力和土负荷,防止隧道倒塌和水浸入。

### 5.3 超挖控制

超挖控制是指在盾构施工过程中对超过设计范围的挖掘进行监控和控制,以确保隧道的稳定和施工安全。一是加强前期勘察和设计工作,确保设计的合理性。在进行超挖控制前,要详细了解地质情况、水文地质条件等,并进行充分的勘察和设计,确保超挖范围和深度符合工程实际要求,避免出现超挖过程中的意外情况。二是建立严格的监测体系。通过设置各种监测点,对隧道的沉降、位移、应力等参数进行实时监测,以及及时发现异常情况并采取相应的措施。监测数据的准确性和实时性对于超挖控制至关重要,因此需要确保监测设备的正常运行并定期进行校准。三是制定合理的施工方案和操作规程。根据实际情况,制定详细的施工方案和操作规程,并确保施工人员熟知并按照规定进行操作。在超挖控制中,施工人员要严格按照方案和规程进行操作,避免超挖过程中出现不必要的风险。四是及时调整施工参数。在超挖过程中,根据实际情况随时调整盾构机的挖掘参数,如刀盘转速、推进速度等,以确保施工的稳定性和安全性。

## 6 结语

综上所述,大直径泥水盾构施工安全管控要点的研究,对于保障工人的生命安全和施工质量具有重要意义。通过充分准备、人员培训和管理、设备维护、监督和沟通等措施,可以有效降低施工事故的发生率,推动大直径泥水盾构施工行业的健康发展。

### 参考文献

- [1] 杨钊,唐冬云,刘朋飞,等.城市湖底超大直径盾构隧道施工重难点及关键技术探究——以武汉两湖隧道(南湖段)工程为例[J].隧道建设(中英文),2023,43(2):296-304.
- [2] 韩晓明,何源,张飞雷.富水粉细砂层大直径盾构隧道联络通道施工关键技术研究——以孟加拉卡纳普里河底隧道为例[J].现代隧道技术,2023,60(3):227-235.
- [3] 詹涛.小曲率半径隧道盾构施工的地表沉降规律分析——以南昌地铁1号线为例[J].科学技术与工程,2023,23(14):6197-6206.
- [4] 陈武元.泥岩地层盾构施工技术——以成都轨道交通30号线一期工程区间盾构施工为例[J].科技创新,2023(12):134-137.
- [5] 赵冬,龚旭亚,张昌盛.城市盾构法施工隧道的风险及勘察要点——以妈湾跨海通道工程为例[J].价值工程,2023,42(28):27-29.