

# 轨道交通TBM施工风险分级管控与隐患排查

于磊

上海同是科技股份有限公司 青岛 崂山区 266000

**[摘要]**随着我国城市轨道交通建设的迅速发展, TBM (Tunnel Boring Machine) 因其开挖快、优质、安全、经济、有利于环境保护和降低劳动强度等优点越来越多的被投入到工程实践中, 但是由于TBM施工过程复杂, 涉及安全的因素较多, 因此必须对TBM施工风险进行控制。

**[关键词]**城市轨道交通TBM; 施工风险; 应对措施

**[DOI]** 10.12252/j.issn.2096-6261.2021.08.1414

## 1 轨道交通施工风险分析

### 1.1 TBM装备风险

TBM装备风险相关的因素主要有: TBM选型(开敞式还是护盾式)、刀盘的结构形式、刀具配置与刀型、刀间距设计、地层处理系统设计和支护系统设计等。不合理的装备设计易引起工程风险, 如主轴承或密封损坏、刀盘损坏(开裂、磨损)及刀具异常磨损等。

### 1.2 TBM施工地质风险

1) 岩石的硬度。在其他条件相同的情况下, 岩石的单轴抗压强度越低, TBM掘进速度越快; 相反掘进速度越慢。但是, 岩石的单轴抗压强度太低, 掘进过程中围岩自稳能力降低。只有当岩石的单轴抗压强度值在一定范围内时, TBM掘进才可能既保持一定的速度, 又能使隧道围岩在一定时间内保持自稳, 这就是当前大多数硬岩TBM适用于岩石单轴抗压强度值在30~150MPa的中等坚硬岩石和坚硬岩石的主要原因。2) 岩石结构面的发育程度。一般情况下, 当岩石条件为节理较发育和发育时, TBM掘进效率较高, 其原因为: 节理不发育, 岩体完整, 破岩困难; 节理很发育, 岩体破碎, 自稳能力差, 支护工作量增大, 同时岩体给撑靴提供的反力低, 造成掘进推力不足, 因而也不利于提高掘进效率。3) 裂隙水的发育状态。裂隙水的发育状态对TBM工作的影响程度, 主要由含/出水量的大小及围岩的范围与性质决定。一般来说, 富水和涌漏水地段围岩强度较低, 软质岩的强度降低更显著, 致使围岩的稳定性降低, 影响TBM工作效率。此外, 大量的隧道涌漏水, 不仅会恶化TBM工作环境同时还可能会造成人员及设备伤害事故。

### 1.3 人为风险

TBM施工经验丰富、管理科学、专业高效的施工队伍是TBM施工项目成功的根本因素。由于施工人员认知的局限性、施工组织及管理责任心不足、施工方案和措施不合理等原因, 直接增加了TBM施工过程风险事故发生的可能性。

## 2 风险分级管控分析

首先要把问题条理化、层次化, 构造出一个层次分析结构的模型, 通过对城市轨道交通TBM施工方法进行分析, 得出影响TBM施工的主要风险因素, 按照各个影响因素间的相互关系及其隶属关系形成两个层次。各个指标的权重如表1所示。

表1 城市轨道交通TBM施工风险评价指标权重

一级指标	权重	二级指标	权重
水文地质条件(A1)	0.418	岩石坚硬程度(A21)	0.045
		岩石结构面发育程度(A12)	0.146
		结构面产状与隧道轴线关系(A13)	0.229
		围岩初始应力(A14)	0.36
		岩体含水出水状态(A15)	0.22
TBM设备(A2)	0.307	TBM选型错误(A21)	0.572
		TBM功能性缺陷(A22)	0.242
		主轴承或密封损坏(A23)	0.094
		刀盘损坏或刀具磨损(A24)	0.092
人员素质(A3)	0.166	施工经验丰富(A31)	0.118
		管理科学(A32)	0.262
		专业技术(A33)	0.62
周边环境(A4)	0.109	周边建/构筑物(A41)	0.733
		管线敷设(A42)	0.267

在一级指标中, 城市轨道交通TBM施工的水文地质条件对施工风险影响最大, 其次为TBM设备, 最后是人员素质。在水文地质条件二级指标中, 围岩节理及围岩等级是制约TBM掘进快慢及稳定的关键因素, 当TBM处于强风化层及砂层时对TBM施工是巨大的挑战稍有不慎轻则卡机重则吊顶塌方, 会造成不可接受严重后果。TBM设备二级指标中, TBM选型的影响最大, 包括设备是开敞式还是护盾式、刀盘结构形式及刀具配置、刀间距等, 选型不当将严重影响施工质量和安全。施工队伍素质二级指标中, 专业性及执行力是关键, 即施工队伍必须技术过硬, 才能保证施工的顺利进行。

## 3 风险隐患排查处理

### 3.1 TBM装备风险处理

1) 结合工程地质条件的特点, 进行TBM选型; 2) 设计TBM装备时, 应全面考虑工程所需, 选择合适的护盾长度、刀盘驱动扭矩等重要设计参数, 同时应配备刀盘进岩量控制系统、超前钻孔和注浆等系统, 从而降低TBM在施工过程中因装备问题而造成停机或出现故障的概率。

### 3.2 地质风险处理

#### 3.2.1 块状岩体处理措施

表2 针对块状岩体的措施

问题	建议
刀具轮廓	扁平
刀间距	刀间距与贯入度之比为10~20
刀具数量(10m直径)	60~65
滚刀直径/(")	17~19
刀具分布	双螺旋、撞击保护
刀盘护盾	护盾按照要求(与掌子面保持12.5cm的距离)
铲刀	外围
速度控制	可变
运行控制	遇到块状岩时减少推进和掘进速度

#### 3.2.2 挤压地层的对策

1) 采用扩径法, 将护盾和岩体之间的环形间隙扩大到15~25cm; 2) 适当缩短护盾长度; 3) 使用锥形护盾一盾前部的直径大, 可以防止盾后部受到挤压; 4) 使用润滑剂(膨润土), 减少护盾和岩石的摩擦; 5) 加大主推进系统和辅助推进系统动力, 以克服由于挤压地层造成的摩擦。

### 3.3 人为风险处理

1) 选取经验丰富的人员, 地下工程的风险需要丰富的经验应对; 2) 管理科学, TBM施工项目工期紧, 科学的管理才能充分发挥TBM的效能, 节约成本、创造效益; 3) 专业高效, TBM施工工序安排紧凑, 一环扣一环, 高效先进的TBM装备需要专业的专业作业人员。

## 4 结语

本文从地质、装备及人为因素3个方面系统全面地分析总结了引起TBM施工风险的各种因素, 并提出了相应处理措施, 完善了现有TBM施工风险分级管理体系, 能够为规避TBM施工风险提供理论指导。

### 参考文献

- [1] 基于WSR-GCM的地铁TBM施工进度风险评价[J]. 王张军, 顾伟红, 李健强. 铁道标准设计. 2020(09)
- [2] 城市轨道交通安全风险全周期防控的理论与实践[J]. 孙建平. 现代城市轨道交通. 2020(09)