

地铁工程盾构施工安全风险控制研究

李明涛

北京正远监理咨询有限公司

摘要：随着科学技术水平的不断提升，我国针对地铁工程项目施工技术，加强盾构施工技术的优化与创新，确保地铁施工安全以及施工质量达到标准化要求、盾构施工技术在实际应用中，具备工程施工快，影响小等特点，具有一定的应用优势，但同时该技术在实际使用中依旧存在许多不足之处，容易引发安全施工风险隐患。为此，本文通过对地铁工程盾构施工进行相应的简述，及时了解盾构施工安全风险类型以及安全事故，分析地铁工程盾构施工安全风险控制影响因素，从而及时采取相应的控制对策，确保地铁施工的安全性，为城市轨道交通事业的进一步发展提供良好帮助。

关键词：地铁工程；盾构施工；安全风险；控制

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.12.049

引言

随着城市发展进程的不断加快，加强了城市轨道交通建设工作，地铁工程建设规模也逐渐提升，能够减少城市地面使用面积的同时，也有效缓解了城市交通拥堵问题。在地铁工程项目全面建设过程中，通过对盾构施工技术的有效运用，能够提高工程效率的同时，也能够保障工程质量达到标准化要求。不过盾构施工过程中还存在一定的施工安全风险，需要加强做好安全风险控制工作，确保地铁工程项目的顺利实施，有效减少工程安全事故发生概率。

一、地铁盾构简介

地铁盾构施工主要是在进行地铁工程项目开展的过程中使用专用机械设备，可以完成地铁隧道掘进工作与出渣作业，同时能够对周围的岩面以及围岩进行有效固定，在盾尾部位通过安装管片可以形成衬砌，同时在使用中做好注浆施工作业，避免在对围岩进行扰动的情况下，做好地铁隧道施工作业。在地铁隧道施工的过程中，结合机械结构以及开挖作业形式，将盾构施工分为以下几种类型。1) 挤压式、2) 半机械式、3) 手握式、4) 机械式。目前，在地铁工程项目中所使用的盾构施工方式主要是以机械式为主，并且在实际运用中具备了以下几种优势。1) 在机械盾构施工作业中，由于集中于地面下作业，具备一定的隐蔽性，能够有效避免对地面人们的生活以及环境造成破坏与影响。2) 在盾构施工作业中，由于机械化水平相对较高，可以有效缓解施工人员的工作强度，减少施工量，并可以加快工程施工进度。3) 施工单位可以在地铁隧道施工中做好衬砌工作，对提高隧道施工质量可以起到良好的促进作用。

4) 在地铁施工过程中，如遇到地下水等情况下，能够减少施工风险，避免对工程造成影响。5) 在恶劣天气条件下，也能够完成施工作业，避免影响地铁施工效率以及施工质量，所受的工程影响也相对较少。6) 在盾构施工作业完成后，覆土深度不会对工程造成任何影响。为此，在当前地铁工程项目全面实施过程中，越来越多的工程单位对盾构施工技术逐渐提高了重视度。但由于盾构施工在实际应用中存在安全风险，所以对盾构施工技术的应用造成了一定制约。

二、盾构施工安全风险类型

在地铁工程项目施工的过程中，在进行盾构施工工作的情况下，需要通过使用盾构机械设备完成掘进施工作业，但很容易在施工过程中出现不同类型的风险，为此，本文则对不同的安全风险进行具体分析。1) 自然风险。自然风险属于不可抗因素，在施工过程中主要受到了地质灾害、气象因素以及环境因素，一旦在盾构施工的过程中未能够做好探测工作或者预测工作，很容易因地质环境因素影响，对施工作业造成不利影响，甚至严重影响工程风险。2) 人为风险。在盾构施工作业中，一旦人员在操作盾构机械设备时出现了失误问题，对周围土层造成破坏的情况下，不仅会造成土层坍塌，也会对后续施工进度造成影响。为此，需要在保障人员专业素养以及工作能力的基础上，可以有效避免人为风险，对人为风险进行全面控制。3) 盾构机械设备适应性风险。在使用盾构机械设备前，需要对地层土壤环境进行充分分析，特别是在复合地层中，使用盾构机械设备存在一定局限性。一般情况下，在盾构机械设备应用中，地质环境发生变化的情况下，那么则需要及时重新制定盾构施工方案，避免在操作盾构机械设备时出现安全风险问题。这也说明了地质环境对于盾构机械设备的适应度会产生一定影响，也是施工过程中所存在的主要风险。

三、地铁工程盾构施工安全风险影响因素分析

由于在地铁工程项目施工过程中，盾构施工沿线地质环境存在一定的复杂性以及特殊性，加上在城市环境下进行施工，地下管线以及建筑物结构相对较多，很容易在开挖施工的过程中造成安全风险。为此，在盾构施工开挖作业开展中，需要对沿线地质环境、施工参数、现场施工管理等做好全面掌控工作，一旦某一环节出现问题，则会产生重大安全风险问题，甚至对城市整体建设以及人们生活造成严重影响。为此，本文结合软土层地质环境的特点，对其中的主要影响因素进行了以下分

析。

（一）工程地质条件

在地铁盾构施工全面开展过程中，所存在的工程风险主要是由于地质条件引起，加上地铁工程项目线路相对较长，所跨区域相对较广，所途经的区域地质环境存在一定的差异性，不仅会增加地质勘查作业实施难度，而且地质环境的复杂性，导致在地铁盾构施工中安全风险概率增加，很容易造成安全事故，对工程造成施工亏损。在本文地铁工程项目中，以软土土壤环境为例。由于在施工作业中，在地质勘测中发现大部分土壤为软土，软土覆盖厚度可以达到10-30m之间，其中包含了淤泥质黏土层、粉质黏土层、淤泥土层等，土壤中所含有的水量超出土壤高液限，加上软土层空隙超出了1.0以上，具有高压缩性以及强度低等特点，透水性能也相对较低，所以在盾构施工过程中，很容易对周围造成破坏，甚至发生盾构机械设备无法运行。1) 由于软土层强度相对较低，在荷载作用下，所需要的凝固时间相对较长，盾构机械设备在运行时会出现侧向滑移以及失稳的情况，甚至造成不均匀沉降以及过量沉降等问题，严重影响盾构机械设备操作人员的生命健康安全。2) 在进行盾构施工作业时，很容易因软土地层荷载作用影响，导致出现不均匀沉降问题，同时也会引发盾构机械设备运行不稳定问题，甚至造成盾构机械设备管片结构出现裂缝，对机械造成严重影响也会对周围地下管线造成严重影响。

（二）水文地质条件

由于地铁工程项目具有规模大等特点，盾构机械设备在隧道施工的过程中，对于地下水文地质条件要求相对较高，需要对工程施工安全以及地铁结构安全问题进行充分分析，在地铁轨道通道施工过程中，盾构机械设备在出洞的过程中，如果遇到含水层较多的地质环境，则可以采取冰冻技术，做好地基加固处理工作，从而防止地下水在承压下出现突涌的情况，保障地下水施工的安全性能。在地铁工程项目研究工作开展时，在盾构施工过程中所存在的主要风险包含了水文地质条件，如承压水以及微承压水地质条件。在盾构工程项目施工过程中，一旦出现问题将会导致隧道地质环境出现坍塌的情况，甚至会导致水体回灌，对隧道建设造成影响的同时，也会对地铁工程项目带来毁灭性灾害，甚至影响地上行车以及行人安全。

（三）覆土厚度

在盾构隧道施工过程中，如果在进行覆土作业时，其厚度隧道直径的1倍或者小于1倍的情况下，则说明在盾构施工作业中，是处于浅覆土层施工环境，很容易导致隧道出现上浮的情况，而且隧道中心抽线也设计中心抽线出现差异，造成偏离等问题，后续施工作业人员也难以对地面沉降速度进行有效控制，导致了地铁隧道土

体扰动逐渐加剧，增加了土体的损失量，很容易引发地铁坍塌等危害。

（四）曲率半径

曲率半径主要是指在地铁隧道施工过程中，隧道轴线曲率半径是隧道直径的50倍左右，曲率半径与直线段以及缓和曲线段存在一定差异，在盾构施工中遇到曲率半径的情况下，很容易导致隧道抽线发生偏差的情况，盾构隧道施工轴线控制难度也会有所提升，一旦在操作中出现失误，则会导致工程出现风险问题。进行盾构施工作业的情况下，在处于曲率环境区段中，盾构机械设备在运行时会对外侧底层产生挤压，从而出现盾尾间隙，导致底层结构会逐渐向隧道内侧偏移，在注浆的过程中，也会因为压力问题，导致隧道结构出现位移的情况，加上处于曲线段施工，所以在挤压底层的情况下，地下管线结构也会受到严重影响。为此，在曲率半径区段进行施工作业的情况下，整体工作控制难度则会增加，工作人员测量难度也会有所增加，甚至无法管控盾构机械状态，管片拼装质量也会出现问题，最终将会导致管片出现破碎的情况，隧道结构出现渗漏问题，轴线结构出现偏差问题。

（五）周边环境

在盾构施工过程中，周边环境也是其中重要的影响因素之一。由于在盾构机械设备而运行过程中，对工程周围土体结构会产生一定的扰动风险，很容易导致土体结构受到挤压风险，影响土体结构的稳定性，甚至对土地地面结构造成隆起或者沉降等问题。造成该问题的主要原因主要是由于盾构机械设备密封舱平衡压力过大，出土速度过快，管片衬砌接缝密封程度相对较低，隧道衬砌出现形变以及盾构外壳拖带作用，都会对盾构施工造成严重的影响，甚至对周围区域的建筑结果造成严重破坏，导致地铁土层结构出现沉降问题。除此之外，在周边环境因素的影响下，相关地铁工程管理工作应当结合城市轨道交通地下结构以及工程影响范围，做好风险等级划分工作，同时对于工程环境设施管理以及位置关系等进行全面考虑。

四、地铁工程盾构施工安全风险控制措施

（一）盾构进出洞施工风险控制

在地铁工程项目中，在进行盾构施工时，应当对盾构机械设备进出洞过程进行全面控制。由于盾构机械设备在进出洞会对于洞口土体结构的稳定性会造成一定风险，一旦洞口端头部位加固效果出现问题的情况下，会导致洞口面出现流水问题，甚至会导致盾构机械在出洞的情况下，导致地铁洞口结构出现塌方风险，甚至会导致地面出现沉降问题，对周围建筑结构的稳定性造成影响。为了能够对进出洞施工风险进行有效控制，保障盾构机械设备顺利进出洞，则影响采取以下安全风险控制措施。1) 在盾构机械设备进出洞的情况下，工程人

员应当对洞口端头部位土体质量进行综合研究,控制好进出洞口的加固长度,避免小于盾构机械设备的整体长度,如果盾构始发、接收区土体结构属于软土等稳定性降低的土质环境,则需要做好降水处理工作,提高进出口洞口的加固效果。2)在对洞口进行打工作业前,工程技术人员应当对洞口的加固情况做好全面检测工作,确保符合工程规定,从而对其进行控制处理。3)在盾构机械设备推进时,由于推力相对较弱,地层结构相对较软,所以在需要及时防止盾构机械设备在运行时出现叩头问题,对结构造成严重破坏。4)在盾构机械设备运行时,与地层之间的摩擦力相对较弱,所以很容易出现侧翻的情况下,所以应当控制好盾构机械设备运行速度,避免对其造成影响的同时,也会对地铁结构质量造成严重影响。

(二) 开挖面失稳安全风险控制

在地铁施工过程中,地下地质环境存在微承压水地段的情况下,土体承压效果相对较弱,一旦在盾构施工开挖过程中,很容易出现流砂问题,甚至出现坍塌风险,导致地面结构出现失稳的情况。为了有效控制该问题,则采取了以下方式。1)在使用盾构机械设备掘进施工作业前,施工单位应当对底层渣土进行改良实验,获取土层结构参数数据,确保渣土整体结构的流动性以及止水效果能够得到有效提高。2)及时控制好盾构机械设备的推进速度以及渣土排土量,确保排土量与开挖量保持一致,从而有效控制盾构施工效率,并保障盾构施工开挖面整体结构稳定性得到有效提升,保障工程项目整体建设工作达到标准化要求,为提升地铁工程项目建设质量奠定良好基础。

(三) 地表沉降安全风险控制

在地铁隧道施工的过程中,很容易对土体结构造成扰动风险,引发隧道周围结构出现位移问题,甚至结构出现变形问题。在出现沉降的情况下,很容易对地面建筑设施造成威胁,甚至对地下管线结构安全造成破坏,所以在盾构施工过程中,应当做好地表监测工作,及时制定相应的控制措施,避免地表出现进一步沉降问题。1)在盾构机械设备掘进施工作业中,应当对周围道路以及地下管线做好全面监测作业,工作人员应当做好监测数据分析工作以及处理工作,对盾构施工参数进行合理优化与调整,实现盾构信息化施工。2)在盾构掘进施工过程中,如果在发生土层沉降的情况下,需要由工作人员做好巡视管理工作,对建筑结构周围的沉降变化进行细致观察。3)在注浆施工以及二次注浆施工作业中,应当及时对盾尾空隙进行填满,压缩空隙的同时也能够有效控制注浆压力,能够有效提高土体结构的稳定性。4)在土体沉降的过程中,需要通过利用钻机设备对地表进行注浆作业,提高地基结构的强度,避免出现地基结构发生沉降。

(四) 洞内塌方安全风险控制

在盾构掘进施工过程中,应当及时做好坍塌风险控制措施,避免地表出现沉降对整体结构造成威胁的同时,对人民生活造成严重影响。1)为了避免出现事故,应当对地铁土层结构地下水进行及时排除,避免地下水出现渗入风险,导致出现隔水层。2)加大注浆量。在掘进施工作业中,应当控制好注浆速度,提高地铁地下土层结构的稳定性。3)加强控制好盾构机械设备掘进速度,控制好压力的同时,保障上下土层结构的平稳性,避免地表沉降问题增加。4)加强做好地质水文条件变化管理工作,及时做好掘进管理与调整工作。从而避免洞内土层结构稳定性降低,造成洞内出现塌方问题,保障地铁工程项目顺利实施。

五、结束语

综上所述,地铁工程项目中,盾构施工方式在实际应用时具备施工速度快等特点,但同时在实际应用中还存在许多风险因素,很容易造成安全事故问题出现。需要针对安全风险因素,及时采取相应的安全风险控制措施,加强落实进出洞施工、开挖面失稳、地表沉降以及洞内塌方安全风险控制力度,及时做好施工风险监管工作,实现动态化管理控制,为保障地铁盾构施工安全提供有效帮助,也能够提高地铁项目建设质量以及工程效益。

参考文献

- [1] 仲奇峰. 地铁工程盾构施工安全风险控制研究[J]. 工程机械与维修, 2022(003): 000.
- [2] 刘卫强. 盾构隧道下穿既有线性电机隧道安全风险控制研究[J]. 现代城市轨道交通, 2020(6): 6.
- [3] 张君. 浅谈地铁工程的洞门破除及土方开挖施工技术[J]. 太原城市职业技术学院学报, 2020(1): 3.
- [4] 贾建忠. 浅析地铁盾构施工的安全风险管理[J]. 中国住宅设施, 2021(5): 123-124.
- [5] 胡俊杰. 地铁盾构施工安全风险管理与控制措施[J]. 交通世界(运输车辆), 2022(000-002).
- [6] 刘智勇. 盾构近距离下穿既有地铁施工风险综合控制技术[J]. 广东土木与建筑, 2021, 28(11): 5.
- [7] 刘阳, 王凡, 赵星星. 小净距下穿地铁运营线盾构接收施工技术研究[J]. 中国水能及电气化, 2021(3): 8.
- [8] 辛亮. 地铁盾构施工设备管理及维保措施探讨[J]. 设备管理与维修, 2022, (04): 16-18.
- [9] 李成俊. 复杂地层下地铁车站工程盾构施工技术探讨[J]. 大众标准化, 2021, (05): 63-65.
- [10] 余浩瀚. 地铁盾构施工安全风险管理与控制措施研究[D]. 安徽建筑大学, 2020.
- [11] 彭智佳. 地铁工程土压平衡式盾构施工技术研究[J]. 低碳世界, 2017, (14): 196-197.