

地铁盾构区间隧道施工风险的分析与控制

王瑞忠¹ 任海涛¹ 罗岳中² 杨亚荣³

1. 南宁轨道交通建设有限公司
2. 南宁轨道交通集团有限责任公司
3. 北京铁城建设监理有限责任公司昆明分公司

摘要: 地铁工程的建成,极大地减轻了地面交通的压力,为人们的出行带来了极大的便利。然而,在施工过程中,由于各种因素的影响,造成了施工中经常发生各类安全事故。本文首先分析了盾构区间隧道施工中的风险,然后介绍了相应的防治措施。通过分析,认为在盾构区间隧道施工中,由于施工工艺、设备水平的提高,工程质量安全管理将会逐步提高。

关键词: 地铁工程; 安全事故; 盾构区间; 设备水平
【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.24.052

引言:

在地铁工程中,采用了全机械化施工的盾构法。盾构法是地铁工程中一种较为普遍的施工技术。然而,在地铁施工的复杂环境中,往往存在着一定的风险。而如何分析其存在的风险,并针对这些问题提出相应的控制对策,以提高其在建设中的防灾抗灾能力。

一、地铁区间隧道盾构施工概述

盾构法是一种利用盾构机进行隧道掘进开挖的地铁区间施工方法,它的外体可以有效地抵御土的压力,并利用盾构机自身的推动力,使其在地层中不停地进行切削。盾构法是一种在大口径地下管线和隧道中采用的暗挖法,它与常规的明挖开槽、浅埋、暗挖等劳动强度较高的施工方式相比,其施工安全、地面作业少、对当地的交通环境影响较低,具有良好的经济效益和社会效益,可以大大缩短施工周期,确保工程的最后质量。

在采用盾构机进行盾构掘进时,每个圆环都要进行一次衬砌,其施工难度很大,必须采用盾构机尾上的管片拼装设备来实现。在工程中,采用水泥浆充填管段与围岩之间的空隙,以确保围岩压力均衡,避免岩体变形。采用盾构法进行隧道开挖,对周边建筑物、路面的影响较小,便于调整、控制工程进度,且对周边地层的干扰较小。但由于地铁隧道工程周边环境复杂,加之场地地质条件不稳定,往往伴随有岩溶、复合地层、不良地层、地下水、空洞、瓦斯沼气等问题,工程效益就会大打折扣。另外,盾构法施工技术条件复杂,对工程技术要求较高,要求施工人员具备相应的液压控制和自动控制系统操作技能,但在实际工程中,由于从事盾构施工的人员素质良莠不齐,普遍学历低,学习能力低,出现了各种问题,影响了盾构的正常运行,并造成了工程

安全隐患。

二、风险分析

(一) 地铁施工中的风险

在地铁施工过程中,由于没有根据具体的情况进行提前预判,造成工程进度比原设计进度要滞后。此外,与其他工程相比,地铁工程建设面临着更多的不确定因素,而对地铁建设的影响也更大。此外,由于其地下地质条件的复杂性,不仅会影响到工程的施工进度,而且存在较大的安全隐患,而且一旦工程延误,将给后续的工作带来更大的压力。由于地下施工作业很多不确定的因素,导致了城市轨道交通存在一定的不确定性。目前,还不能保证对隧道内某些不稳定因素的绝对控制,导致在施工过程中,常常发生安全事故。在采用盾构机进行隧道施工时,其对地面工程的影响不大,但会对周围的生态及地下环境产生一定的不利影响。例如,对地下地理环境的破坏,注浆材料选择失误对附近水源的污染,控制措施不当对周边民用建筑造成的噪声污染及结构破坏。由于采用盾构施工存在着很大的安全风险,所以在工程开工前,必须制定一套科学、严密的施工方案。在此过程中,相关参建单位要制定相应的应急预案,并制定相应的应急预案。

(二) 盾构施工组织存在的风险

在工程施工中,由于各种因素的影响,盾构区间工程的安全管理是非常重要的,所以在工程施工中,要做到万无一失,才能保证工程的安全。具体做法是,在工程开工前,设计、施工等参建单位要主动确定盾构区间的危险因素,并采取相应的对策,聘请专家进行危险因素的分析,确定施工后的风险,并进行相应的风险评估。而要对其潜在的危险进行进一步的控制,则必须对其进行现场风险分析,并制定一套可行的风险管理方案。在风险辨识的基础上,确定其风险的具体内容,并确定相应的风险控制指标。同时,政府相关单位也要对工程施工过程存在的问题进行协调,并针对其重大风险源预防管控进行组织领导。同时,建设单位也要组织有关专家进行专题研讨,为工程建设带来的潜在危险提供有效的意见。在工程施工方案的设计中,还要考虑到机械设备、施工材料等因素的影响,并在施工前对设备性能、施工材料等进行必要的检查,并对工程的地质环境进行必要的调查统计。

（三）盾构掘进过程中的风险

在地铁工程施工中的盾构区间施工中，遇到喷涌、盾构压力平衡失控时，往往会产生沉降现象，严重影响工程进度和工程造价。而且，在挖掘过程中，流沙、临近供排水管保护不到位也有可能导致塌陷。因此，在进行工程建设前，必须进行地质结构勘察和土壤的实地考察。做好周边环境调查，排查清楚地下有没有坑洞、建（构）筑物及各类管线等风险，必须要知道上述风险因素的具体位置，否则就会导致盾构掘进过程中无针对性措施，造成塌方，严重影响工程进度。而且，在掘进的时候，还会可能通过浅覆土层、软硬不均地层、断层破碎带等不良地质段，这样的话，很容易就会导致盾构机发生抬头、栽头、姿态失控等不良事件。在工程施工中，由于地质条件和地下水等因素的存在，对开挖过程产生了不良的影响，如果不及时进行有效的勘察，将会导致开挖时发生坍塌，对工程的安全产生一定的影响。

（四）盾构设备的选型风险

盾构机等设备是盾构区间施工作业的主要作业设备，也是施工作业中最大的安全风险。施工环境，特别是地质条件的多样性、复杂性，决定了盾构机的本质风险，即无法设计和制造出同时适应不同地层的“万能”盾构机。一旦选型不合理将可能导致盾构卡刀盘、损刀具、推不动等状况，最终发生沉降、喷涌、周边地面道路及建（构）筑物沉降等不良事件。

（五）人员的操作风险

在地铁盾构区间施工中，操作人员操作是施工安全隐患的重要原因，其主要原因是操作人员自身安全意识不强，安全意识不强，安全责任心不足、安全操作存在漏洞。

三、风险来源

（一）地质情况

在地铁盾构区间隧道施工中，遇到的地质条件往往比较复杂。如果不做好前期的准备工作，那么就不能完全的掌握自己的地质情况，从而导致工程出现严重的安全隐患。同时，许多地质构造都十分脆弱，若不制定合理的工程计划和相应的保护措施，将大大提高事故灾害发生的可能性。

（二）设备的选择

在地铁隧道工程施工中，设备的好坏关系到工程的质量和施工的安全性。由于不同的地质条件，要根据具体的情况选用不同的施工设备，否则就有可能发生安全事故。同时，要注意设备的维修和保养，确保设备处于良好的运行状态，防止发生设备引起安全事故。

（三）人员的操作

不管是什么项目，最重要的就是人才。人为风险是主要的，地质风险和盾构机风险是通过人的过失体现的，因为不管是工程计划的设计，还是设备的使用，都

离不开人。而在地铁隧道工程施工中，由于存在着较多的危险因素，容易导致较大的安全事故，因此对施工人员的重视程度也就越高。首先，在进行工程设计时，应充分考虑地下的特殊条件，进行合理的设计，以减少潜在危险。其次，在具体施工中，有关人员要严格遵循施工规程，严格执行施工计划，防止出现操作失误，从而减少安全事故。

四、控制措施

（一）完善风险预警机制

与其他工程相比，地铁工程建设存在着诸多不确定因素，涉及的问题也更加复杂，仅靠人力进行风险管理已无法满足工程的风险预报。所以，必须通过现代的管理和信息化技术来完善企业的风险预警机制。具体要求就是要定期进行工程风险统计和分析，对工程施工中存在的潜在施工风险进行及时的反映，运用信息分析技术，建立相应的风险处理措施，对潜在的危险进行及时的处理。建设项目的风险预警机制应持续改进，以降低工程建设中各类风险的发生。

（二）加强沉降塌陷等现象的控制

在地铁工程建设过程中，往往会出现沉降等现象，给工程进度和周边环境造成一定的影响。为了防止塌陷等险情事件，必须在工程实施时，对周围的地形进行详细的调查，仔细研究地下管线的分布和穿越地层的地质情况，以便确定可能存在的重大风险源地点，提前做好针对性措施。而要想完善事故后的应急对策，就需要在工程实施前对周围的建筑采取适当的防护措施，如预注浆加固、预留注浆袖阀管等，避免因施工过程中产生的塌陷而造成无法弥补的损害。同时，建设单位要加强隧道沉降监测控制网络建设，以便及时监测隧道建设情况，并根据监测到的有关资料，分析其潜在的危险，确定其影响范围。另外，在实际工程中，要严格控制盾构掘进参数，尽量降低工程机械对周边建筑物及环境的影响，以避免出现喷涌、沉降塌陷等险情事件。

（三）加强组织管理控制

为了减少工程建设中的危险，降低工程出现危险之后带来的损失和危害，需要对工程建设单位进行日常管理。首先，设计单位要针对不同的工程环境，做出合理的设计方案，选用合适的设备，同时要当地的地质条件相适应，并请有关方面的专业人士组织专题研讨，对施工过程中的各种危险进行全面的预测和防范。另外，在日常的施工中，也要注意设备的维修和保养，尤其是那些容易出现故障的部位，更是要特别注意。其次，要规范工人对设备的使用，并定期进行员工的日常培训，提高工人的整体操作能力。对不合格的工人要及时转岗，以保证他们的综合素质达到标准。最后，要强化企业内部的竞争，调动员工的工作热情，培养他们的自我学习和自我提高的工作方式。同时，在工程建设中要合

理、明确地划分责任，提高项目整体管控水平，改善整个工程的质量，并减少不必要的风险。

（四）加强设备相关的防范

在地铁盾构区间隧道施工中，合理选用设备，既可以极大地提高工程质量，又能有效地保证工程的安全。首先，在选择盾构设备时，必须组织召开盾构选型评审会，应根据工程地质条件选用合适的型号，确保盾构机适用本项工程施工。因此，在建设工程前，勘察单位要对施工地的地形地貌、土壤结构、地下水分布情况进行细致的勘察，以便选定适合的盾构设备。同时，这些前期工作可以有效地发现工程建设中潜在的潜在危险，对工程建设的安全起到了积极的作用。最后，在实际操作中，需要根据实际情况进行盾构机刀具的更换，确保刀具的有效性与其适应性。

（五）加强人员防范措施

在实施工程建设前，要做好相关的前期工作。针对具体的施工队伍，应选用具有较高的专业及综合素质。在项目开始之前，要让员工了解项目的具体情况，所面对的危险因素及应对措施等，并对其进行培训，以淘汰不符合标准的员工。在项目实施过程中，也要建立起相应的监督和管理制度，严格监控施工人员的操作规程，并对可能出现的错误进行监控。只有如此，才能保证施工期间的人员管理，并能有效地防止施工中出现的安全事故。

五、应急响应措施

（一）紧急撤离预案

地铁盾构区间隧道施工是一项高风险的工程项目，一旦发生紧急情况，如火灾、地震、泥石流等，就需要立即进行紧急撤离。为了保障施工人员的生命安全，需要制定一份完善的地铁盾构区间隧道施工紧急撤离预案。地铁盾构区间隧道施工紧急撤离预案的制定目的是为了保障施工人员在紧急情况下的生命安全，减少人员伤亡和财产损失。

地铁盾构区间隧道施工紧急撤离预案的制定是保障施工人员生命安全的重要保障措施。预案内容应包括应急组织机构、应急响应措施、应急通讯系统、应急物资储备、应急演练计划、安全疏散通道、救援措施、协调配合机制和应急评估和总结机制。预案实施流程应包括预案启动、情况分析、响应等级划分、部署和调配、信息发布、现场处置、救援处置和应急结束。通过完善的紧急撤离预案，可以有效降低地铁盾构区间隧道施工中的安全风险，保障施工人员的生命安全和财产安全。预案的制定和实施需要全面考虑各种可能的情况和问题，并进行科学合理的规划和布局。在实际应急处置中，需要各级应急机构密切协作，高效配合，迅速响应，以最大限度地减少人员伤亡和财产损失。同时，在预案的制定和实施过程中，需要不断总结经验和教训，进一步完

善和提高应急处置的能力和水平。

（1）应急组织机构：明确应急指挥部的组成、职责和权限，明确各部门和人员的应急职责。

（2）应急响应措施：明确各级响应措施和人员的应急响应程序，包括应急响应等级、响应部署和人员调配等。

（3）应急通讯系统：建立应急通讯系统，包括紧急联系方式、通讯设备、应急通讯网络等。

（4）应急物资储备：建立应急物资储备系统，包括应急用品、药品、救援器材等。

（5）应急演练计划：制定应急演练计划，对各级应急机构和人员进行实战演练，提高应急反应能力和处置能力。

（6）安全疏散通道：在施工现场设置合理的安全疏散通道，明确疏散路线和疏散时间，确保施工人员在紧急情况下快速疏散。

（7）救援措施：建立应急救援队伍，明确救援措施和救援流程，确保在紧急情况下能够迅速救援被困人员。

（8）协调配合机制：建立应急协调配合机制，明确各级应急机构之间的协调配合关系，保证各方力量共同参与应急处置工作。

（9）应急评估和总结：制定应急评估和总结机制，对每次应急事件进行评估和总结，总结经验教训，提高应急处置的能力和水平。

结束语：

综上所述，要加强盾构区间隧道的风险控制，必须加强风险预警机制，加强对隧道突沉等现象的控制，加强日常管理控制，全员应树立和遵循地铁盾构施工以风险管控为核心的理念，全方位坚持“地质是基础，盾构机是关键，人是根本”的原则，从而减少危险的发生，加强对建筑工人的生命和健康的保护。随着我国盾构区间隧道工程的风险管理系统的逐步完善，施工工艺、设备水平的提高，必将逐步走向成熟。

参考文献

- [1] 尧泼. 关于地铁盾构区间隧道施工风险的分析与控制[J]. 工程技术, 2022(7): 119-121.
- [2] 曹晶珍, 李俊伟. 过江隧道盾构法施工风险分析及控制[J]. 地下空间与工程学报, 2012, 8(S2): 1777-1781.
- [3] 唐振兴. 地铁区间隧道盾构施工安全风险管理的措施分析[J]. 建筑技术开发, 2019, 46(08): 82-83.
- [4] 王凯, 蒋玉龙, 徐涛, 等. 地铁盾构隧道下穿铁路箱涵的安全风险分析[C]. 全国工程风险与保险研究学术研讨会, 2014.
- [5] 刘振宇. 地铁盾构区间隧道施工风险分析与控制探讨[J]. 工程技术, 2021(1): 107-108.