

城市地铁及地下工程施工环境安全 风险评估与控制分析

马树强

郑州市建设工程质量安全技术监督中心，河南 郑州 450000

摘要：城市地铁及地下工程施工环境十分复杂，存在诸多安全风险隐患，如果是安全风险控制不到位，很容易产生安全事故，造成重大损失。对此，为解决城市地铁及地下工程施工环境安全问题，就需要对安全风险进行评估，并且结合实际情况，采取有效的安全风险控制措施，防止安全事故发生，促使城市地铁及地下工程施工顺利进行，提升施工质量。本文主要分为三个方面，首先介绍施工环境安全风险评估和控制的作用，其次明城市地铁及地下工程施工环境安全风险评估内容，最后提出城市地铁及地下工程施工环境安全风险控制对策，目的是抑制施工环境安全风险产生，确保城市地铁及地下工程施工的安全性，也希望给相关研究工作，提供一定参考。

关键词：城市地铁；地下工程；施工环境；安全风险

Risk Assessment and Control Analysis of Construction Environment Safety in City Subway and Underground Engineering

Ma Shuqiang

Zhengzhou Construction Engineering Quality and Safety Technical Supervision Center, Zhengzhou, Henan 450000

Abstract : The construction environment of city subway and underground engineering is very complex, and there are many potential safety hazards. If the safety risk control is not in place, it is easy to produce safety accidents and cause significant losses. In order to solve the environmental safety problems of city subway and underground engineering construction, it is necessary to evaluate the safety risks, and combine the actual situation to take effective safety risk control measures to prevent safety accidents, promote the smooth progress of city subway and underground engineering construction, and improve the construction quality. This article is mainly divided into three aspects. Firstly, it introduces the role of construction environmental safety risk assessment and control. Secondly, it clarifies the content of environmental safety risk assessment for city subway and underground engineering construction. Finally, it proposes countermeasures for environmental safety risk control in city subway and underground engineering construction. The aim is to suppress the generation of construction environmental safety risks and ensure the safety of city subway and underground engineering construction. It is also hoped to provide some reference for related research work.

Keywords : city subway; underground engineering; construction environment; safety risk

引言

为解决城市空间，最有效的方式就是加大地下空间控制，将人们活动空间逐渐延伸到地下，满足人们活动需求。但是，在城市地铁及地下工程施工期间，由于施工环境相对较为复杂，经常受到各类管线、桩基，以及不良地质等影响，并且在开挖阶段还会面临降水、流沙、坍塌等问题，这些都会诱发安全风险，增加安全事故发生概率。对此，为抑制安全风险，防止安全事故发生，在城市地铁及地下工程施工期间，需要对施工环境进行评估，明确施工环境安全风险，并且根据施工需求，对城市地铁及地下工程施工环境安全风险进行严格把控，营造相对安全的施工环境，也促使城市地铁及地下工程施工高效、高质展开。

一、施工环境安全风险评估的优势

城市地铁及地下工程项目成立以后，就需要根据施工要求以

及施工方案，对施工环境进行安全风险评估，明确安全风险要素，有针对性进行控制，以此保证城市地铁及地下工程施工环境的安全性^[1]。所以，施工环境安全风险评估和控制，对于城市地铁

及地下工程施工来说，有着十分重要的意义，具体的内容主要表现为以下几点。

1. 由于城市地铁及地下工程施工环境十分复杂，存在诸多建筑物、地下水管以及电力、燃气、通信管路等，并且城市地铁及地下工程施工方案确定以后，一般不能随意更改。对此，为保证城市地铁及地下工程施工环境的安全性，需要在项目成立之初，对施工环境进行勘察和风险评估，根据评估结果，使用合理的施工方法，对施工环境风险等级进行分类，采取合理的控制对策，促使城市地铁及地下工程施工处于相对安全环境下进行。

2. 风险评估主要是对城市地铁及地下工程施工环境变化情况进行监测，实时监测沉降率和变形率，并且结合实际情况，针对不同施工阶段，采取施工环境控制措施，防止安全风险发生。

3. 针对不同城市地铁及地下工程施工阶段，对施工环境风险进行评估，对各个风险点进行研究，构建完善的控制体系，以此保证城市地铁及地下工程施工质量。

4. 安全风险评估可以准确掌握城市地铁及地下工程施工环境的实际情况，提供控制风险标准，针对不同的施工过程，制定有效控制对策^[2]。同时，可以将信息化技术应用到其中，实现信息化安全风险控制，以此实现城市地铁及地下工程安全施工目的。

二、城市地铁及地下工程施工环境安全风险评估

对于城市地铁及地下工程来说，风险是客观存在的，如果控制不到位，就会导致安全事故发生，造成重大经济损失。所以，为保证城市地铁及地下工程施工环境的安全性，需要对安全风险进行客观判断，根据以往成功案例，以及现场的实际情况，对安全风险进行等级划分，根据不同的施工环境安全风险等级，制定控制对策，以此保证城市地铁及地下工程施工效果。但是，由于城市地铁及地下工程施工环境十分复杂，所以在施工环境安全风险评估期间，应当重点考虑以下几点内容。

1. 在城市地铁及地下工程施工环境安全风险评估期间，应当在合适的位置安装风险监测点，了解施工环境的实际情况，例如：在地面沉降点、轨道、既有地铁等位置进行设定，以此监测城市地铁及地下工程施工环境变化情况，评估风险，以此对安全风险进行严格控制。同时，在城市地铁及地下工程施工环境安全风险评估期间，需要对开挖进程进行全过程记录，根据记录情况，做好全面控制，营造安全、稳定的施工环境。

2. 通过利用滑动式测斜仪进行城市地铁及地下工程施工环境安全风险评估，并且利用通信技术和计算机等手段，实现远距离风险监测和评估，判断是否存在安全隐患。同时，在城市地铁及地下工程施工环境安全风险评估期间，应当做好24h不连续监测，并且利用裂缝探测仪和激光对围岩位移等情况进行监测，根据监测结果进行风险评估，了解施工环境的实际情况，采取合理、有效的控制对策，防止城市地铁及地下工程施工环境安全风险问题发生。

3. 针对开挖面来说，需要围着施工环境进行变形和沉降监测，并且根据城市地铁及地下工程施工要求，确定安全风险源，

划分安全风险等级，表1所示，确保后期风险控制具有一定针对性^[3]。另外，在城市地铁及地下工程施工环境安全风险评估期间，还应当结合情况，作出适当调整，目的是根据施工动态实时进行风险评估，及时发现和解决安全风险。另外，在城市地铁及地下工程施工环境安全风险评估期间，需要将动态监测数据作为基础，以此保证安全风险评估的准确性。

表2：施工环境安全风险等级

可影响程度	能性等级	A 灾难性	B 非常严重	C 严重	D 需要考虑	E 可忽略
1	频繁的	I 级	I 级	I 级	II 级	III 级
2	可能的	I 级	I 级	II 级	III 级	III 级
3	偶尔的	I 级	II 级	III 级	III 级	IV 级
4	罕见的	II 级	III 级	III 级	IV 级	IV 级
5	不可能的	III 级	III 级	IV 级	IV 级	IV 级

4. 可采用调查问卷的方式，对城市地铁及地下工程施工环境安全风险发生的可能性，以及安全风险发生以后所造成的后果进行分析和研究，这样可以为后续方案的制定，提供重要的数据参考。就某地铁工程为，针对工程施工范围，对不同施工区域、不同施工地点等进行调查，实时了解施工环境的实际情况，并且组织专业性的施工人员进行研究，找到安全风险因素，分析安全风险特点，根据安全风险特点计算出风险发生概率，从而制定有效安全风险预防和控制方案，尽可能规避施工环境安全事故的发生^[4]。

三、城市地铁及地下工程施工环境安全风险控制

在了解城市地铁及地下工程施工环境安全风险评估结果以后，就需要结合实际情况，针对不同施工阶段，采取安全风险控制对策，目的是消除安全风险，防止施工安全事故发生，促使城市地铁及地下工程施工顺利进行。同时，在城市地铁及地下工程施工环境安全风险控制期间，可以从以下几点展开。

（一）开挖与支护施工环境安全风险控制

1. 从开挖施工角度来说，应当结合施工环境实际情况，做好施工超前支护，并且应当分段、分层、分步对土体进行开挖，循序渐进，严格控制拱部台阶程度，对开挖边坡进行处理和加固，避免出现坍塌、变形等问题，消除城市地铁及地下工程施工环境安全风险。同时，多洞开挖的时候，需要将洞室支护与仰拱支护进行闭合，并且应当在格栅脚趾处打设锁脚锚管并注水泥浆，以此形成锚固端，再在格栅连接节点位置设置加强筋，利用混凝土对格栅进行封闭处理，中间不能留有空隙，否则很容易产生安全风险。

2. 需要根据开挖和支护施工进程，进行分段支护填充注浆，并且保证初支与岩层紧密贴合，以此保证施工环境的稳固性。同时，还需要根据城市地铁及地下工程施工环境安全风险评估结果，针对特殊段或者易变形位置进行跟踪补偿注浆处理，对变形损失进行弥补，确保变形参数处于额定范围^[5]。另外，针对封闭掌

子面，应当根据施工要求做好应急处理，一旦出现安全风险，应当停止施工，等待安全风险消除以后，才能恢复施工作业。

（二）二衬施工环境安全风险控制

在城市地铁及地下工程施工环境安全风险控制期间，还需要注重二衬施工环境安全风险控制，目的是针对不同施工阶段，消除施工环境安全风险，营造相对良好的施工安全环境。那么，在实施二衬施工环境安全控制期间，可以从以下几点展开。

1. 结合施工环境实际情况，对二衬和临时支护结构受力情况进行转换，目的是避免出现支撑空档的情况，出现围岩沉降，增加城市地铁及地下工程施工环境安全风险。

2. 在临时支护期间，可以采取分段跳间拆除的方式，并且要做好实时监控，根据监测结果，对支护长度和支护范围进行调整，以此保证支护效果，提升城市地铁及地下工程施工环境的安全性^[6]。另外，在支护拆除之前，应当根据实际情况，对受力体系进行转换，以此保证受力体系的均衡性。此外，等待二衬施工完成以后，并且强度达到要求以后，应当对二衬背后进行回填注浆处理，尽可能消除安全隐患。

（三）穿越流沙层施工环境安全风险控制

对于穿越流沙层来说，应当结合实际情况，适当减少砂层的含水量，并且一定要保证砂层暗隧道处于无水施工环境，这样才能保证城市地铁及地下工程施工环境的安全性。但是，在穿越流沙层施工安全环境控制期间，应当重点考虑以下几点。

1. 应当在施工面设置地面管，目的是起到降水的作用。同时，隧道开挖期间，应当结合实际情况，对流沙层掌子面进行帷幕预注浆处理，这样对流沙、流泥、细中砂、粉细砂等进行凝固处理，固结地层，提升土层的抗渗水性能，形成良好的隔水层，避免因为积水增加施工环境安全风险。

2. 需要在掌子面或者侧壁设置引水管道，这样可以及时排除

积水，并且需要结合施工环境的实际情况，在仰拱位置设置集水坑实现集水抽排，清除施工环境内部积水，避免出现施工环境坍塌事故^[7]。

（四）施工环境沼气风险控制

根据城市地铁及地下工程施工环境安全风险评估结果可以知道，地下空间存在大量沼气，沼气直接会增加安全风险隐患，导致安全事故发生。对此，在城市地铁及地下工程施工环境安全风险控制期间，一定要注重沼气控制，首先在城市地铁及地下工程施工期间，应当对施工区域进行放气处理，放气以后需要停置一段时间才能进行施工，以此降低施工环境安全风险系数；其次，针对施工环境中管片外侧均匀涂刷防气材料，避免沼气给施工管片带来一定损伤^[8]。同时，应当在施工区域内，设置沼气检测设备，以及通风设备，根据检测结果，加强通风能力，避免沼气浓度较高，引发城市地铁及地下工程施工环境安全事故；最后，根据城市地铁及地下工程施工环境实际情况，实时24h沼气监测，如果沼气监测结果达到1%的话，应当立即撤离施工现场，对施工现场进行安全处理，消除安全风险，提升城市地铁及地下工程施工环境安全风险控制效果。

四、结语

综上所述，在城市地铁及地下工程施工期间，施工环境安全风险诸多，极容易导致安全事故发生。对此，应形成完善的城市地铁及地下工程施工环境安全风险评估体系，对安全风险进行等级划分，掌握施工环境的变化情况。同时，将城市地铁及地下工程施工环境安全风险评估作为基础，编制安全风险控制方案，从不同施工阶段消除安全风险，营造安全的施工环境，降低安全事故发生的可能性，提升城市地铁及地下工程施工水平。

参考文献

- [1] 苏栋, 黄茂隆, 韩文龙, 等. 城市深层地下空间地质环境韧性评估模型与应用 [J]. 中国地质. 2024, 51(1).
- [2] 张辉. 基于现场监测与有限元分析方法的地铁暗挖隧道施工对周边环境沉降的影响研究 [C] // 中国建筑业协会深基基础与地下空间工程分会, 财团法人地工技术研究发展基金会. 2023海峡两岸岩土工程 / 地工技术交流研讨会论文集. 北京城建勘测设计研究院有限责任公司, 2023: 7.
- [3] 和磊. 基于对城市地铁轨道施工重难点及应对策略新探 [C] // 上海筱虞文化传播有限公司. Proceedings of 2022 Engineering Technology Innovation and Management Seminar(ETIMS 2022). 中铁一局集团新运工程有限公司, 2022: 3.
- [4] 李忠. 地铁盾构施工对邻近建筑物影响风险评价研究 [D]. 华南理工大学, 2021.
- [5] 李梦. 基于组合赋权法和云模型的地铁施工风险评价 [D]. 青岛理工大学, 2020.
- [6] 杨博. 地铁工程建设中的环境安全风险技术管理体系 [J]. 新型工业化, 2020, 10 (09): 129-130.
- [7] 刘春晓. 城市地铁及地下工程施工环境安全风险评估与控制 [J]. 北方建筑, 2018, 3 (06): 54-57.
- [8] 田磊. 城市地下工程施工对环境的影响分析及对策研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2017, (29): 205+207.